



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공기업정책학 석사 학위논문

미세먼지 관리 정책 시행이
건강에 미치는 영향
- 호흡기 질환 중심으로 -

2020년 8월

서울대학교 행정대학원

공기업정책학과

김 홍 철

미세먼지 관리 정책 시행이 건강에 미치는 영향

- 호흡기 질환 중심으로 -

지도교수 권 일 응

이 논문을 공기업정책학 석사 학위논문으로
제출함

2020년 5월

서울대학교 행정대학원

공기업정책학과

김 홍 철

김홍철의 석사 학위논문을 인준함

2020년 6월

위 원 장 박 순 애 (인)

부위원장 박 상 인 (인)

위 원 권 일 응 (인)

국문초록

코로나 바이러스(COVID-19)가 2020년부터 세계를 강타하면서 많은 사람들이 불편과 시련을 겪고 있지만, 미세먼지 측면에서는 그 어느 해보다 많이 좋아진 것 같다. 하지만 작년까지만 해도 매년, 특히 봄과 겨울은 미세먼지가 심각하여 외출 자제, 마스크 착용, 차량 2부제, 공해차량 운행제한 등 우리 생활에 많은 불편과 어려움을 가져다주었다. 정부에서도 미세먼지를 줄이기 위하여 오래전부터 미세먼지 관련 정책을 시행해 왔었고 작년에는 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법이 만들어지기도 했다.

본 연구에서는 서울시 미세먼지 10대 정책을 세운 2017년도 7월부터 그 이전과 이후로 나누어 서울시 미세먼지 관리 정책의 실효성을 분석하고자 했다. 분석의 방법은 정책의 직접적인 효과보다도 미세먼지가 영향을 주는 질병들의 내원일수 변화를 관찰하여 미세먼지 정책으로 미세먼지가 줄었다면 미세먼지의 관련 질병 역시 줄었을 거란 가정하에 미세먼지의 대표적인 관련 질병인 호흡기 질환의 급성상기도 감염, 기타 급성하기도 감염, 천식의 내원일수 변화를 추적하여 정책 시점을 전후하여 내원일수 감소에 미세먼지의 간접효과를 분석하였다. 지역은 서울시 자치구 25개 지역을 기준으로 월별 기준으로 내원일수, 미세먼지 농도, 기상 요소 값의 평균 값을 취하였다. 해당 지역의 미세먼지 농도 변화로 그 지역의 의료기관 방문을 관찰하기 위해 요양기관은 의원으로 한정하였고 미세먼지는 PM10을 기준으로 관찰하였으며 통제변수는 기상 요소 온도, 습도, 풍속, 최대풍속, 강우량, 일조량을 설정하였다.

분석결과 2017년 7월 이후부터 호흡기 질환의 내원일수는 실제로 감소하였고 미세먼지 또한 감소하였다. 하지만 내원일수 감소

에 미세먼지의 영향은 기대만큼 크지 않았다. 월 시차 적용에도 미세먼지 영향은 별로 나타나지 않았고 미세먼지 발생 당월에 당월 내원일수를 분석했을 때 가장 많은 11~18% 매개 효과를 나타냈다.

따라서 정책 시점을 기준으로 호흡기 질환의 감소는 미세먼지의 간접적인 효과보다는 정책이 미세먼지를 재난으로 인식하여 외출을 자제하거나 마스크 쓰기를 생활화하는 등 건강관리와 예방에 철저하게 한 다른 정책의 직접적인 효과가 더 크다는 것을 알 수 있었고 또한 그것은 사회·환경적 요인으로 의료 기술과 과학이 발달함에 따라 내원일수가 줄어들었거나 굳이 병원에 가지 않더라도 좋은 약으로 치료하였을 수 있다.

어쨌든 올해에는 코로나 바이러스의 영향으로 미세먼지가 많이 줄겠지만, 과거 우리나라의 미세먼지는 OECD 다른 국가와 비교해도 수치면에서 아직 많은 개선이 필요한 상황이다.

본 연구는 미세먼지 정책을 미세먼지 관련 질병을 가지고 서울시 미세먼지 정책의 시점을 전후로 미세먼지 질병 감소에 미세먼지가 얼마나 영향을 미쳤는지 간접 분석함으로써 정책의 효과를 분석하였다. 예상보다는 질병 감소에 미세먼지의 영향이 적었지만 보건·의학적으로 측면에서 미세먼지 정책을 분석했다는 점에서 의의가 있다고 본다.

주요어 : 미세먼지 관리 대책, 호흡기 질환, 간접효과, 매개효과

학 번 : 2019-21237

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구의 배경 및 필요성	1
제 2 절 연구의 목적	3
제 2 장 이론적 논의와 선행연구 검토	5
제 1 절 미세먼지 정책	5
제 2 절 미세먼지 관련 질병	12
제 3 장 연구방법	16
제 1 절 연구의 분석틀	16
제 2 절 자료원 및 연구대상	18
제 3 절 자료분석 방법	20
제 4 장 분석결과	24
제 1 절 일반적 현황	24
제 2 절 매개변수 회귀분석	28
제 3 절 질병별 매개 효과 분석	30
제 5 장 결론	41
제 1 절 연구결과 요약 및 고찰	41
제 2 절 정책의 함의	43
제 2 절 연구의 제한점	44

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경 및 필요성

요즘 우리나라 겨울과 봄철에 가장 핫한 이슈가 바로 미세먼지이다. 세계 보건기구(WHO)는 ‘2019년 건강을 위협하는 10대 요인’의 첫 번째로 ‘대기 오염과 온난화’를 꼽았고 매년 대기오염으로 조기 사망하는 사람이 700만 명이나 된다(중앙일보, 2019)고 한다. 기후변화와 대기 오염물질 증가, 특히 중국에서 유입되는 황사, 미세먼지로 국민들의 불안과 불편은 갈수록 증가 되고 있다.

통계자료에서는 우리나라가 예전 수십 년 전보다 공기 질이 좋아졌다고 한다. 하지만 어린 시절 밤하늘에 별을 볼 수도 있었지만, 지금은 시골에서도 별을 보기가 힘들다. 그리고 최근 10년 동안은 미세먼지 농도가 나빠지거나 별로 개선되지 않았다고 한다. 미국의 Health Effects Institute(HEI)의 보고에 따르면 OECD 회원국별 인구가중치를 반영한 연평균 초미세먼지(PM_{2.5})의 농도에서 한국은 1990년 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2015년 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 높아진 반면, OECD 평균치는 1990년 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2015년 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 낮아졌고 한국의 미세먼지 농도는 OECD 회원국 중에서 터키를 제외하고는 가장 나쁜 수준으로 나타났다(데일리한국, 2017).

최근 2019년 11월 달에 한·중·일 대기오염물질 연구결과가 발표되었는데 우리나라 초미세먼지(PM_{2.5})는 중국의 영향이 32%라고 한다(연합뉴스, 2019). 나머지는 국내 영향이라고 볼 수 있는데 우리나라도 2005년도부터 수도권 1, 2차 대기환경 관리 기본계획으로 미세먼지 관리 정책이 시행되었음에도 아래 [표 1-1]과 같이 2012년도에 잠시 줄었다가 그 이후 정체를 보이면서 오히려 2016년까지는 소폭 증가하는 모습을 보였다. 또한 세계 주요나라와 비교해도 우리나라는 거의 2배가량 높은 편이다. 아직도 우리

의 미세먼지 정책은 갈 길이 멀다고 할 수 있다.

[표 1] 국내외 미세먼지 현황 (에어코리아 홈페이지, 2020) <단위 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ >

도시	2011년		2012년		2013년		2014년		2015년		2016년		2017년		2018년	
	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
서울	47	-	41	-	45	-	46	-	45	23	48	26	44	25	40	23
미국(LA)	29	13.3	30	12.7	29	-	30	15.2	37	12.6	34	14.7	33	14.8	33	13.3
일본(도쿄)	21	15.7	20	14.2	21	15.8	20	16	19	13.8	17	12.6	17	12.8	-	-
프랑스(파리)	27	-	26	16	26	19	22	15	23	14	22	14	21	14	21	14
영국(런던)	23	17	19	16	18	12	20	15	19	11	20	12	17	11	17	10

오염된 미세먼지는 우리 삶의 질과 건강에 심각한 영향을 주고 있다. 이처럼 재앙 수준인 미세먼지의 영향은 우리 국민의 호흡기 질환(천식, 폐렴, 감기 및 인플루엔자)뿐만 아니라 심장질환, 뇌혈관 질환(명준표, 2016), 우울증(김경남, 2016)에도 영향을 주고, 미세먼지 PM10과 NO2는 폐암에도 영향을 준다고 한다.(Dirga Kumar Lamichhane, 김한철, 최창민 외 6, 2017)

미세먼지 농도의 심화는 예방적 차원에서 국민의 사회경제적 활동을 위축시키게 되며, 이러한 활동 저하는 국민경제에 상당한 손실을 초래할 수 있고 경제적으로 요양기관 방문으로 인한 국민 의료비의 증가를 초래할 수 있다.(이해춘·안경애·김태영, 2018).

따라서 미세먼지로 인한 국민적 피해가 국민건강 및 경제적 피해로 나타남에 따라 수도권에서는 1차 수도권 대기 환경관리 기본계획(2005~2014)을 발표(환경부·수도권대기 환경청, 2013))하여 미세먼지를 정책적으로 관리하기 시작하였고 그러던 중 서울시에서는 2017년 7월부터 본격적인 미세먼지 정책으로 서울시 미세먼지 10대 정책을 시행하였고(미디어허브, 2017), 중앙정부 차원에서는 2017년 9월 26에 2022년까지 7.2조 원을 투입해 국내 배출량을 30%감축을 목표로 하는 미세먼지 관리 종합대책을 마련하였다(관계부처 합동, 2017). 이 정책의 일환으로 2018년 8월 14일에 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법이 제정되고 2019년 2월에 15일부터 특별법이 시행하게 되었다(정책공감, 2019). 실제로 미세먼지 정책의 일환인지는 알 수 없지만, 미세먼지 PM10과 PM2.5는 2017년도부터 감소 추세에

있다.

따라서 미세먼지 관리 정책이 가져다주는 미세먼지(PM10) 농도 변화가 실제로 국민건강에 영향을 미쳤는지 분석해 볼 필요가 있다. 즉 미세먼지 관리 정책이 미세먼지 관련 질병에 영향을 주었다면 미세먼지가 실제로 얼마나 영향을 미치는지 분석하여 미세먼지 관리 정책을 간접적으로 평가하고 분석결과로 미세먼지 관련 질병이 실제 미세먼지와 영향이 있는지도 분석할 수 있을 것이다.

미세먼지 관련 질병은 선행연구를 대상으로 선정하였으며, 질병은 미세먼지의 대표적인 질병인 호흡기 질환(급성상기도 질환, 기타 급성하기도 질환, 천식)을 중심으로 선정하였다.

제 2 절 연구의 목적

미세먼지와 질병에 대한 연구는 현재 많이 이루어졌지만, 미세먼지 관리 정책으로 미세먼지 관련 질병 변화에 미세먼지가 얼마나 매개역할을 하였는지 분석하는 것은 새로운 시도이다. 따라서 본 연구는 미세먼지 관리 정책이 미세먼지 관련 질병 감소에 대한 직접적인 인과관계를 밝히는 것이 아니라 관련 질병 감소에 미세먼지가 어느 정도 영향을 미쳤는지를 시차를 적용하여 그 크기를 분석하였다.

질병 감소 기준은 질병으로 병원을 방문하는 내원일수로 판단하였고 미세먼지 관리 정책의 시점은 서울시 미세먼지 10대 정책시행일을 기준으로 설정하였다. 물론 미세먼지 관리 정책은 이전에도 1, 2차 수도권 대기 환경 관리 기본계획처럼 시행은 되고 있었지만, 전과 다른 점은 미세먼지를 재난으로 규정하고 공해차량 운행제한, 대중교통 무료, 차량 2부제 등 처음 비상저감조치를 실시한 2017년 7월을 그 기준점으로 설정하였다.

기간은 최근 5년 자료 기간으로 2015년부터 2019년도까지이다. 지역은

서울시 미세먼지 10대 정책을 시점으로 하였으므로 서울시 25개 자치구이며 2017년 7월을 시점으로 이전, 이후로 미세먼지 정책을 구분하여 미세먼지 정책으로 관련 질병 감소에 미세먼지가 어느 정도 영향을 주었는지 분석하고자 한다. 질병은 선행연구에서는 밝혀진 미세먼지가 가장 영향을 주는 호흡기 질환을 중심으로 다루었다.

미세먼지와 호흡기 질환과의 연구는 상당히 일반적이며 많은 논문들이 발표되고 있으며, 이해춘·안경애·김태영(2018)은 PM10에 대해서 월별 평균 미세먼지 농도에 대해 여러 가지 질병들을 영향을 연구한 결과 인플루엔자 및 폐렴, 기도감염 등 호흡기 질환만 통계적 유의성을 나타냈다. 본 연구도 PM10에 관련 질병을 급성상기도감염, 기타 급성하기도 감염, 천식 등 호흡기 질환을 중심으로 연구하였다.

미세먼지가 국민건강에 위협을 주고 있는 상황에서 이 연구는 미세먼지 정책으로 미세먼지 관련이 내원일수가 증가하였는지 혹은 감소하였는지 분석하고 증가와 감소에서 과연 미세먼지가 어떠한 영향을 미쳤는지 분석하여 미세먼지 정책의 간접적인 효과는 어느 정도인지를 분석하고 우리에게 주는 시사점은 무엇인지 밝혀보고자 한다.

II. 이론적 논의와 선행연구 검토

제 1 절 미세먼지 정책

미세먼지는 질산염(NO_3), 암모늄 이온(NH_4^+), 황산염(SO_4^{2-})등의 이온 성분과 탄소 화합물(carbon compounds), 금속(elements)화합물 등으로 이루어져 있고 외국에서는 지름이 $10\mu\text{m}$ 이하(PM10)이면 미세먼지(부유먼지, suspended particles)라 하며 지름이 $2.5\mu\text{m}$ 이하(PM 2.5)인 먼지, 지름이 $1\mu\text{m}$ 이하(PM1)인 먼지로 세분화하나, 한국에서는 부유먼지를 미세먼지(PM10)로, 미세먼지를 초미세먼지(PM 2.5)로 부르며, PM1 역시 초미세먼지로 분류한다(나무위키 용어사전, 2019). 이 외에도 기체로 배출되었다가 식어서 먼지가 되는, 극미세먼지보다 더 작은 응축성 미세먼지가 있으며, LPG같은 천연가스는 연소 시에 미세먼지와 극미세먼지가 덜 나오지만, 일산화탄소, 이산화탄소 등의 공해 가스와 응축성 미세먼지가 많이 나온다(나무위키 용어사전, 2019)고 한다.

황사와 미세먼지 차이는 황사나 스모그 모두 미세먼지 농도에 영향을 미치지만, 황사는 기본적으로 중국 몽골의 건조지대에 강한 바람에 의해 높은 대기로 불어 올라간 흙먼지가 바람을 타고 지상으로 떨어지는 자연 현상이고, 미세먼지는 자동차, 공장, 가정 등에서 사용되는 화석연료 사용으로 배출된 인위적 오염물질이 주된 차이다(네이버 지식백과, 2019).

[표 2-1] particulate matter 용어 비교

용어	일반적인 용어	한국 web	KMA
Asian sand storm		황사	Hwangsa(황사)
TSP	TSP	Not reported	Not reported
PM10	Coarse Particle	미세먼지	미세먼지 PM10
PM2.5	Fine Particle	초미세먼지	미세먼지 PM2.5
PM0.1	Ultrafine Particle	Not reported	Not reported

KMA: Korea Meteorological Administration; TSP: total suspended particulate Matter;

PM: particulate matter (출처- 명준표, 2016)

김용표(2006)에 따르면 서울시 대기의 미세먼지 농도에 영향을 미치는 주요 인자는 자체에서의 배출, 반응에 의한 생성, 외부로부터 유입이라고 하고 자동차, 공장등의 배출과 중국 등으로부터 유입만큼 대기에서 광화학 반응을 통해 기체 성분이 먼지로 변하는 반응에 의한 생성의 영향도 큰 것이라고 하였다.

또한 대기의 온도, 습도 등의 기상조건이 먼지의 다른 이온 성분의 조성에 따라 휘발하거나, 기체상의 성분이 먼지로 응축한다고 하였다. 따라서 본 연구에서도 기후요소를 회귀분석의 통제변수로 추가하였다.

국외의 미세먼지 관련 정책들을 살펴보면 독일은 미세먼지 농도를 감축하기 위해 2008년 1월부터 미세먼지 농도가 높은 도심 일부 지역을 환경보호구역(LEZ)으로 지정해 노후 차량 등 미세먼지 배출 차량의 출입을 막는 제도로 도심 환경보호 구역 제도(Umweltzone)를 실시하고 있으며 미세먼지 주요 원인인 벽난로 사용금지 정책을 사용하여 목재 연소로 인한 PM2.5의 발생을 차단하고 있고 일본은 정부 차원에서 친환경 자동차 보급, 매연저감장치 설치, 조기 폐차 지원사업 등을 통하여 미세먼지를 감소시키고 있으며 2000년 12월 대기오염도 개선을 위한 ‘환경조례’를 제정하여 노후 경유차 주행 금지, 자동차 환경 관리계획서 제출, 공회전 금지, 부적합 연료의 사용 및 판매를 금지하고 있고 2011년도부터 ‘저공해·저연비차’ 제도를 시행해 배기가스와 미세먼지를 기존보다 75% 이상 줄이는 프로젝트에 돌입했다(청정공간, 2019). 대기오염이 가장 심한 중국은 과도한 석탄 의존도로 대기오염이 심각한 국가이며 석탄 대신 천연가스로 전기를 생산하는 방식을 채택하거나 낙후된 차량을 퇴출시키고 2020년대까지 전기차 500만대를 보급하여 12년 대비 PM10 10% 이상 감축 PM2.5 최대 25% 감축을 목표로 하고 있다(수도권 대기 환경청, 2018).

미국은 1963년 청정대기법을 제정하여 발전소 등 고정오염원과 자동차 등의 이동오염원을 구분하여 188개 대기오염원 리스트를 명시하고 그것들을 어떻게 관리할 것인지 규율하고 그 리스트를 8년마다 재검토하여

다시 규정하고 있으며 미국 캘리포니아주는 비포장 도로의 포장화, 먼지 안정화 대책 등 먼지저감대책을 적용하여 단계별로 먼지를 줄이고 있다(청정공간, 2019).

문광주 외 7(2018)은 중국 초미세먼지 현황 및 정책 동향 연구에서 중국 환경상황공보에서는 2016년 PM2.5의 연평균 농도는 2013년 대비 30.6% 감소하였고 PM10의 전국 연평균 농도는 2013년 대비 15.5% 감소하였다고 한다. 최민욱(2018)은 중국 환경부 장관의 말을 인용하여 중국은 석탄사용 제한, 대기오염물질에 대한 강도 높은 규제와 엄격한 법 집행으로 전국 338개 지급이상 도시에서 PM10의 2017년 1~11월 평균농도는 2013년 동기 대비 20.4% 하락하여 개선 추세를 보였고 중국의 3대 경제권역인 징진지, 장강삼각주, 주강삼각주 지역에서 PM2.5의 2017년 1~11월 평균농도는 2013년 동기 대비 각각 38.2, 31.7, 25.6% 하락하여 개선추세를 보여주고 있다고 한다.

국내에서도 미세먼지 관련 정책은 2005년도부터 꾸준히 시행되어왔다. 우리나라 정부도 2005년 제1차 수도권 대기 관리 기본계획에서 출발하여 2019년 미세먼지 특별법까지 부단히 많은 노력을 기울였다.

그 실적을 아래 [표 2-1]에서 살펴보면 PM10을 기준으로 보면 2012년도에 조금 줄었다가 다시 증가하거나 거의 변동이 없다가 2017년도에 다시 조금 줄기 시작했다. PM2.5도 2016년까지 증가나 정체에 있다가 2017년도 다시 줄기 시작했다. 나머지 대기오염물질은 NO₂만이 좀 줄어들었고 나머지는 거의 변동이 없다.

[표 2-2] 서울시 대기오염농도(출처, 에어코리아 통계정보 연간보고서)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
PM10($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	47	41	45	46	45	48	44	40
PM2.5($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	-	-	-	23	26	25	23
CO(ppm)	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
NO ₂ (ppm)	0.033	0.030	0.033	0.033	0.032	0.031	0.030	0.028
SO ₂ (ppm)	0.005	0.005	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004
O3(ppm)	0.019	0.021	0.022	0.023	0.022	0.024	0.025	0.023

2017년도의 미세먼지 정책을 살펴보기 전에 그 전에 정책과 비교하여 차이점은 무엇인지 살펴보면, 먼저 2005년부터 2014년까지 시행된 1차 수도권 대기 환경 관리 기본계획은 [표 2-2]에서처럼 4대 분야에서 시행되었으며 친환경 자동차 보급 및 인프라 구축, 중소기업장 저녹스 버너 보급, 도로 먼지 제거 장비 보급 등을 주요 내용이었고 2015년부터 2024년까지 제2차 수도권 대기 환경 관리 기본계획은 [표 2-3]에서처럼 노후화 저공해화와 대기 오염물질 총량 관리 강화, 생물성 연소시설 미세먼지 대책 마련, 미세먼지 예·경보제 실시, 국제협력 강화 등이다.

[표 2-3] 제1차 수도권 대기 환경 관리 기본계획 주요 내용(환경부·수도권대기 환경청, 2013)

분야	주요 추진 내용
자동차	1) 제작차 배출허용기준 강화 2) 특정 경유차 배출가스 저감 3) 친환경 자동차 보급 및 인프라 구축
사업장	1) NOx, SOx 총량제 및 사업장 최적방지시설 기준 강화 2) 중소기업장 저녹스 버너 보급
면오염원	1) 주유소 유증기 회수설비 설치 의무화 2) 도료 VOCs 함유 기준 설정
비산먼지	1) 도로먼지 제거장비 보급 2) 이동측정차량 시범운영

[표 2-4] 제 2차 수도권 대기환경 관리 기본 계획 주요내용(환경부·수도권대기 환경청, 2013)

분야	주요 추진과제
자동차 관리	1) 친환경자동차 보급 확대 2) 제작차 배출허용기준 및 사후관리 강화 3) 노후차 저공해화 및 LEZ제도 정착 4) 비도로 이동오염원의 체계적인 관리체계 구축 5) 교통수요관리 강화
배출시설 관리	1) 대기오염물질 총량관리 강화 2) 총량 사업장 외 배출시설 관리
생활오염원 관리	1) 생활 주변 VOCs, NOx 배출원 관리 2) 생물성 연소시설 등 PM2.5, PM10 대책 마련
과학적 관리기반	1) 수도권 대기환경관리 시스템 구축

구축 및 홍보 강화	2) 대기측정망 확충 및 중장기 정책 R&D 확대 3) 미세먼지 예·경보제 시행 및 국제협력 강화
------------	---

1차와 2차의 대기환경 기본관리 계획을 학문적으로 연구하지 않더라도 대책마련, 기준설정 등에서 보듯이 뭔가 실질적이고 강제적인 조치는 포함되지 않았다.

그러나 2017년 7월에 실시한 서울시 미세먼지 10대 정책의 특징은 서울형 비상저감 조치를 실행했다는 점이다. 이는 구체적이고 강제적이며 실질적인 미세먼지 대책이었다.

주요내용(미디어허브, 2017)을 보면 다음과 같다.

[2017년 7월 시행한 서울시 미세먼지 10대 정책]

- 1). 미세먼지를 재난으로 규정하고 공공 시민건강 보호조치 강화
- 2). ‘서울형 초미세먼지 민감군 주의보’ 신규 도입
- 3). ‘서울형 비상저감조치’ 단독시행
- 4). 시민참여형 차량 2부제 실시 및 출퇴근 시간대 대중교통요금 무료화
- 5). 서울 도심 내(4대문 안)공해차량 운행제한(18년)
- 6). 노후 건설기계 저공해화 및 친환경 건설기계 사용 의무화
- 7). 서울시 건축물 친환경 보일러·저녹스버너 보급 의무화
- 8). 미세먼지 대응 R&D 지원 및 연구 확대
- 9). 동북아 4개국 주요 도시와 환경외교 강화
- 10). 정부·지자체 대기 질 공동협력 확대

위 서울시 미세먼지 10대 정책을 황인창(2018)에 따라 5가지 범주로 유형화하면 다음과 같다.

[표 2-5] 서울시 미세먼지 5가지 범주(황인창, 2018)

구분	10대 정책
노출저감	· 미세먼지를 재난으로 규정하고 공공 시민건강 보호조치 강화 · 서울형 초미세먼지 민감군 주의보 신규 도입
비상저감 조치	· 서울형 비상저감치 신규 도입

	· 시민참여형 차량 2부제 실시 및 출·퇴근 시간대 대중교통요금 무료화
배출량 감축	· 서울 도심 내(4대문 안)공해차량 운행제한 · 노후 건설기계 저공해화 및 친환경 건설기계 사용 의무화 · 서울시 건축물 친환경보일러·저녹스버너 보급 의무화
과학기술	· 미세먼지 대응 R&D 지원 및 연구 확대
대외협력	· 동북아 수도협력기구 설치 · 정부·지자체 대기질 공동협력 확대(6월) 등 환경외교 강화

즉 서울시 미세먼지 10대 정책은 이전에 시행한 미세먼지 정책에 비해서 미세먼지를 재난으로 인식하고 공해차량 운행제한, 차량 2부제, 대중교통 무료화 등 국민이 직접 실행해야 되고 친환경 건설기계 사용 의무화 등에 서처럼 보급이나 권고 사항이 아니라 강제력이 주어지기 시작했다는 것이다.

서울형 비상저감조치가 발령될 경우, 시민참여형 차량 2부제, 공공기관 주차장 폐쇄, 공공사업장·공사장 조업 단축이 시행된다(동대문구청 공식 블로그, 2018). 그리고 그해 9월 중앙정부 차원에서 전국적으로 미세먼지 관리 종합 대책이 시행되었다.

[표 2-6] 미세먼지 관리 종합대책(관계부처 합동, 2017)

분야		중점 추진과제
국내배출 감축	발전부문	①노후 석탄화력 폐지 등 석탄발전 비중 축소 ②발전용 에너지 세율체계 조정 검토 ③친환경적 제8차 전력수급계획 수립 ④재생에너지 보급확대
	산업부문	⑤총량관리 대상지역 확대 및 먼지총량제 실시 ⑥질소산화물 배출부과금 신설
	수송부문	⑦노후 경유차 저공해화 및 운행제한 확대 ⑧LPG차, 전기차 등 친환경차 보급 확대 ⑨친환경차협력금 제도 시행 ⑩선박·건설기계 미세먼지 관리 강화
	생활부문	⑪공사장·불법소각 등 관리 사각지대 집중 관리 ⑫도로청소차 보급 및 도시 숲 확대
국제협력	한중, 동아시아	⑬한·중 정상회의를 통한 공동선언문 발표 추진

	미세먼지 협력	⑭동아시아 미세먼지 저감 협약 체결 검토
민감계층 보호	민감계층 보호, 인프라 및 서비스	⑮아이들을 위한 실내기준 마련 ⑯어린이집, 학교 주변 미세먼지 측정망 우선 설치 ⑰학교 실내 체육시설 확대 ⑱민감계층 대상 찾아가는 케어서비스
정책기반	과학적 관리기반	⑲환경위성 등 활용한 측정 및 예경보시스템 강화 ⑳미세먼지 국가전략 프로젝트 추진

그 중점 추진과제를 살펴보면 노후 석탄화력 폐지 등 석탄발전 비중 축소, 재생에너지 보급 확대, 노후 경유차 저공해화 및 운행제한 확대, LPG 차·전기차 등 친환경차 보급 확대, 선박·건설기계 미세먼지 관리 강화, 도로청소차 보급 및 도시 숲 확대 및 예·경보 시스템 강화 등이다.

다소 서울시 미세먼지 정책과 비슷하거나 그 정책을 일부 계승했다고 볼 수 있으며, 일부 석탄화력 폐지 및 친환경차 보급을 위한 보조금 제도 등은 더 확대한 것일 것이다. 그리고 법률로 2019년 2월에 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법이 시행되었다. 이 법안의 특징은 미세먼지가 이틀 연속으로 나쁨수준($50\mu\text{g}/\text{m}^3$)일 때 고농도 미세먼지 비상저감조치가 발령된다는 것이다. 비상저감조치 발령의 내용은 서울시 10대 미세먼지 대책과 비슷하다.

황인창(2018)은 서울시의 미세먼지 관리 정책은 법정계획인 「제2차 수도권 대기 환경관리 기본계획 추진을 위한 서울특별시 시행계획」과 서울시 자체 계획인 「미세먼지 10대 대책」을 중심으로 진행되고 있다고 하였다. 그는 미세먼지 10대 대책은 2차 수도권 대기 환경관리 기본계획에는 포함되지 아니한 서울형 비상저감조치, 대외협력, 노출 저감 같은 것들이 포함되었다고 하였다.

따라서 본 연구는 미세먼지 정책의 전환점을 정확히 구분하기는 어려웠지만 비상 저감 조치, 노출 저감 등을 실시한 2017년 7월에 서울시 미세먼지 10대 정책을 기준으로 전과 후로 나누었다.

제 2 절 미세먼지 관련 질병

미세먼지 관련 정책으로 미세먼지가 줄게 되면 미세먼지가 건강에 미치는 영향 또한 줄어들 것이다. 많은 선행연구에서 미세먼지는 호흡기 질환, 심혈관 질환, 알레르기 질환, 암 등 여러 질환에 영향을 미친다고 하였다.

미세먼지가 인체 영향에 대한 대중적인 주목을 받기 시작한 계기는 Dockey 등이 발표한 ‘미국 6개 도시에서의 대기오염과 사망과의 관련성에 대한 연구’이며 이 연구에서 대기오염물질 중에서도 미세먼지가 사망률과 밀접한 관련성이 있다고 알려지면서 미세먼지에 대한 환경 보건학적 중요성이 대두되기 시작하였다(신동천, 2007).

미세먼지가 건강에 영향을 주는 질환은 여러 가지가 있지만, 그 중에서 대표적인 질환이 호흡기 질환이며 이외에도 심혈관 질환, 알레르기 질환, 수족구, 암 등이 있다.

러시아 Anna Sazonava 외(2018)는 건설현장에서 미세먼지에 노출되었을 때 병리 현상을 연구하였는데 지상과 지하현장에서 일하는 근로자들은 PM2.5와 PM10으로 인해 심혈관계에 부정적인 영향을 미친다고 하였다.

차량의 배기가스에서 나오는 미세먼지(PM)에 대해서 Mike R Miller의 (2019)는 심혈관 사망률 및 심근 경색 및 뇌졸중을 포함한 이환율 사이에 상당한 연관성이 발견되었다고 했고 디젤 배기입자와 같은 오염물질은 혈관기능 장애, 허혈성 손상에 대한 심장의 감수성 증가 및 혈전증의 성형 증가를 유발한다고 하였다. 이들 입자의 반응성 표면적이 넓고, 독성이 인정되고, 이산화질소와 같은 공기 오염 물질로 인한 잠재적 피해를 고려할 때 차량의 배출량을 줄이는 것이 대기질 전력의 우선 순위가 되어야 한다고 했다.

이병재·김범석·이규홍(2014)도 주변 대기오염 및 미세먼지(PM)와 호흡기 질환 및 심혈관 질환과 같은 건강상의 부작용에 대해서 연구하였는데 특히 PM2.5와 PM10은 모두 심장 질환, 뇌졸중, 협압 및 심혈관 질환과 같은

건강에 악영향을 미친다고 하였고 PM10보다 PM2.5가 건강에 더 부정적인 영향을 미친다고 하였다.

Xuelin Gu(2019)는 미세먼지 오염에 대한 우울증과 자살에 대한 메타 분석에서 PM2.5에서 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 증가는 우울증 위험이 19% 증가하고 자살 위험이 5% 증가한 것으로 나타났다. 그리고 PM2.5와 관련된 우울증 위험은 유럽과 아시아에서 유의미했으며 북미에서는 미미했다고 하며, PM10에 대해서는 우울증과 자살 모두 유의미한 연관성이 관찰되지 않았다고 한다.

미세먼지가 수족구 병에도 영향을 주는 연구결과가 있는데 Fei Yin의 (2019)는 일일 평균 PM10농도가 $119\mu\text{g}/\text{m}^3$ 인 중국 청두에서 2011년부터 2015년까지 15세 미만의 HFMD(수족구병)병을 가진 아이들을 조사한 결과 남자아이들에서 PM10과 수족구병 사이에 통계적으로 유의미한 관계가 있음을 밝혀냈다.

그리고 조일형·주희진·권기현(2013)는 2005년부터 2009년까지 서울시 25개 자치구를 대상으로 대기오염물질과 알레르기 비염과 천식과의 관계를 연구하였는데 알레르기 비염 환자 수에 통계적으로 유의미하게 영향을 준 것은 아황산가스와 오존이었고, 천식은 미세먼지(PM10)가 영향을 준 것으로 확인되었다.

Zang F(2011)은 베이징에서 시행된 전향적 연구에서 PM10이 알레르기성 비염 환자의 병원 방문 증가와 상관성이 있음을 밝혔다. 국내에서 이정엽·정인성·이미영·김은정(2017)은 대구의 한 대학병원의 각막염 및 결막염으로 인한 응급실 방문 수가 PM10 농도가 높은 지역에서 더 높다는 연구결과를 발표하였다. 미세먼지는 산화 스트레스를 증가시켜 안구의 항산화 방어기전을 손상시켜 결국 결막염과 각막염과 같은 안구적 질환들을 일으킨다고 하였다.

장안수(2014)는 연구 논문에서 1982년부터 2008년까지 미국암협회 모집된 120만 암예방연구에 등록된 비흡연자 188,699명에서 폐암 환자 사망과 PM2.5의 연관성 분석에서 PM2.5 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가는 폐암 사망률을 증가시켰다고 하며 동일 논문에서 유럽 9개국 17개의 코호트 연구에서 312,944명을

대상으로 한 연구에서 PM $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가는 폐암 위험도를 1.22배 PM2.5 $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가는 위험도를 1.18배 증가시켰다고 한다.

박경호 외(2016)은 7개 광역시 및 16개 지역을 대상으로 지역별 연간 사망원인통계를 통계청에서 얻어서 미세먼지 PM10과 일반 암과의 관계를 연구한 결과 암 전체, 기관/기관지 및 폐, 결장/직장 및 항문, 자궁의 5가 종류 암에서 유의한 상관관계를 얻었다.

마지막으로 연구대상 질병인 호흡기 질환의 선행연구를 보면, 서주희 외(2006)는 서울시 호흡기 질환으로 병원 입원한 건수를 PM10과의 관계를 기온과 습도를 혼란 변수로 적용하고 분석하였는데 PM10이 호흡기계 질환을 일으키는데 유의한 관련성이 있는 것으로 조사되었다. 15세 미만과 65세 이상의 민감군과 15세부터 64세 사이인 일반집단을 비교해보면 15세 미만에서는 PM10 노출로 인한 폐렴 입원의 위험 비가 일반 집단에 비해 다소 높게 나타났고 65세 이상에서는 천식, 급성상기도, 만성 호흡기 질환 입원의 위험 비가 일반 집단에 비해 높게 나타났다고 하였다.

또한 지원준·박유량·김혜령·최창민(2017)은 보건의료 빅데이터 분석을 통해 전국 16개 도시에서 최대 4주까지 지역별 미세먼지 측정 수치와 폐렴 발생과의 관계를 분석하여 PM2.5가 폐렴 발생에 영향을 미친다고 하였다.

미세먼지가 호흡기 질환으로 인한 사망과도 연관이 있음이 밝혀졌다.

그리고 PM2.5성분의 단기 노출과 사망률의 연관성을 메타 분석을 통해 연구한 사례가 있는데 미국의 Scuzana Achileos 외(2017)는 PubMed 및 Web of Science 데이터베이스를 사용하여 PM2.5성분의 노출과 심혈관 및 호흡기 사망 사이의 연관성을 조사하였다. PM2.5는 크기가 작아 폐 깊숙이 도달할 수 있으며 PM2.5와 교통 및 목재 연소 요소인 EC 및 K는 다른 구성요소보다 사망률과 더 강한 연관성을 가진다고 하였다.

Takehiro Michikawa 외(2018)는 일본의 2012년도부터 2014년까지 일본의 100개 도시에 대해서 PM2.5와 미세먼지와 사망률과의 관계를 사례교차 연구한 결과 PM2.5의 일일 평균 농도는 $14.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이고 미세먼지는 $6.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이였음에도 사망 당일과 전일의 PM2.5의 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 시 비사

고 사망률 1.3% 증가가 발생하였다. PM2.5는 심혈관과 호흡기 사망률과 연관이 있었고 미세먼지는 사망률의 위험을 증가시켰다.

세계에서 가장 나쁜 대기 질을 가지고 있는 중국에 대해서 PM2.5와 PM10이 건강에 미치는 영향을 메타 분석을 통해 연구한 Feng Lu 외 (2015)는 PM2.5와 PM10의 짧은 노출은 심혈관 질환 및 호흡으로 인한 사망률이 증가 될 수 있다고 하면서 PM10의 농도가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 가 증가할 때마다 심혈관 질환과 호흡기 사망률은 각각 0.36%, 0.42% 그리고 PM2.5가 10%증가 시 0.63%, 0.75% 증가로 PM2.5가 사망 증가율이 PM10보다 높았다.

제 3 장 연구방법

제 1 절 연구의 분석 틀

본 연구는 서울시 자치구 25개를 대상으로 2015년부터 2019년까지 미세먼지를 매개변수, 기상 요소를 통제변수로 하고 미세먼지 관리 정책을 독립변수, 미세먼지 관련 질병의 내원일수를 종속변수로 하는 Panel 회귀분석을 사용하였다.

먼저 실제 거주지역의 미세먼지 질병에 영향을 주는 것을 분석하기 위해 해당 거주민이 왕래하는 의료기관을 의원급 외래로 제한하였다. 정책 시행 전후를 독립변수로 설정하였고 미세먼지 PM10은 매개변수로, 미세먼지에 영향을 주는 기상 요소는 온도, 강수량, 풍속, 일조량, 습도, 최대 풍속 등을 통제변수로 설정하였다. 미세먼지는 계절별로 수치가 확연히 다르므로 월을 더미 변수화하여 월별로 분석하였다. 그리고 마지막 종속 변수는 각 미세먼지 관련 질환별 내원일수로 설정하였다.

이해춘·안경애·김태영(2018)은 미세먼지와 질병과의 연구를 분석하는데 있어서 월평균 미세먼지 PM10에 대해서 기상요소들에 대한 영향을 통제하기 위해 대표 변수로 월을 더미 변수화하였고 황명재·청해관·김종현(2019)은 한국의 대기오염과 돌연 유아 사망 증후군을 연구에 기상자료로는 기온과 습도를 이용하였다.

서울시 미세먼지 관리 정책은 2017년 7월을 기준으로 전후 분리하여 더미 변수화 하였다. 이 모든 자료는 서울시 자치구 25개 기준이며 매개변수는 회귀분석 후 통계적으로 유의미할 때까지 종속변수를 시차 적용하여 매개변수의 시차에 따른 영향을 분석하였다. 시차는 분석단위가 월 단위이므로 시차 단위 또한 매개변수와 통제변수의 현재 값이 이후 월 단위 한 달 후, 두 달 후 또는 그 이상의 개월 후의 내원일수에 유효한 영향을 미치는지 회귀 분석하였다.

따라서 연구 분석의 틀은 아래 [그림 1]과 같다.

[그림 1] 분석의 틀



종속변수의 내원일수는 만 단위가 넘어가므로 종속변수의 로그값을 취하여 분석하였다.

제 2 절 자료원 및 연구대상

이 연구는 서울시 미세먼지 관리 정책이 시행된 2017년 7월을 기준으로 이전에 2015년 1월부터 2017년 6월까지 그리고 다시 2017년 7월부터 2019년 12월까지를 분석하였다. 2015년을 시점으로 선택한 이유는 2015년 이후를 기간으로 미세먼지와 호흡기 질환과의 관계를 연구한 국내 논문이 부족했고, 미세먼지 관리 정책이 2015년도부터 제2차 수도권 대기환경 관리 기본 계획을 실시하여 1차에서 미진한 부분들을 중심으로 보완하여 2024년까지 추진할 때였으며, 그 계획 중에 서울형 미세먼지 비상저감조치를 2017년 7월에 시행하게 되었다. 따라서 2015년을 미세먼지 관리 정책의 기준 시점으로 고려하였다.

각 질환별 내원일수는 서울시 자치구 25개를 기준으로 서울시 소재 의원기관의 외래의 방문일수를 계산하였다. 내원일수, 미세먼지, 기상자료 등은 모두 월별 기준이고, 내원일수는 수치값이 합계이고 나머지는 미세먼지, 기상자료 수치값은 평균값이다. 미세먼지는 통계청 및 에어코리아에 통계정보에서 각 구에 있는 대기측정소 자료를 활용하였고, 기상자료도 통계청 및 기상청 포털에서 자료를 구하였다. 미세먼지 관련 질환의 방문일수는 심평원에서 심사가 모두 끝나고 금액이 결정되어 공단에 통보된 자료를 기준으로 표본데이터가 아니라 전체 데이터로 산출하였다.

질환별 상병(질병)코드 기준은 통계청에서 고시하는 한국표준질병 사인분류 코드 제7차 개정에 반영된 코드를 기준으로 수집하였다. 질환별 상병(질병)코드는 전체 질환 중에 주상병(주된상병)이고 질환은 호흡기 질환 중에 급성상기도 감염, 기타 급성하기도 감염, 천식 3개 질병이다.

서울시 미세먼지 정책 시행 전후 변수는 더미 변수로 독립변수가 되었고, 관심변수는 미세먼지 PM10은 매개변수이다. 나머지 기상자료는 통제변수이다.

미세먼지는 봄과 겨울에 심하고 여름과 가을에 상대적으로 괜찮아서

월을 또한 더미 변수를 만들어 통제하였다. 또한 연도별 변화를 통제하기 위해 년도를 통제하였다. 종속변수 호흡기 질환의 내원일수 추출 대상이 되는 질병 코드는 아래와 같다.

[표 3-1] 미세먼지 관련 질병에 대한 상병코드 정의

질환 분류	질환 명	상병코드
호흡기 질환	급성상기도감염	J00~J06
	급성하기도감염	J20~J22
	천식	J45, J46

통계분석에 사용된 프로그램은 Stata 버전 13을 이용하였다.

제 3 절 자료 분석방법

서울시 25개 자치구 대상 미세먼지 정책 시행과 미세먼지 관련 질병 발생과의 관계는 지역과 시간에 따른 영향을 분석하기 위해 서울시 자치구와 월을 Panel로 설정하였다. 분석 모형은 하우스만 검정으로 고정모형과 확률모형을 테스트하였으며 결과가 두 모형이 교차적으로 나오면서 회귀 계수가 소수점 다섯 자리까지 모두 동일하여 모두 고정모형으로 통일하였다.

요양기관 대상은 의원 외래이기 때문에 먼저 해당 질병의 서울시에 입원·외래 현황을 분석할 필요가 있었다. 분석한 결과 급성상기도 감염, 기타 급성하기도 감염, 천식은 90% 후반대였다.

분석에 앞서, 종속변수인 질병별 내원일수를 제외하고 매개변수와 통제변수 간의 다중 공산성을 확인하였다. 다중 공산성은 피어슨 단순 상관계수를 확인하여 결정하였다.

[표 3-2] 변수 다중 공산성 분석(상관관계 분석)

	PM10	년도	온도	습도	일조량	풍속	강우량	최대풍속	월
PM10	1.00								
년도	-0.16	1.00							
온도	-0.59	-0.01	1.00						
습도	-0.63	-0.15	0.67	1.00					
일조량	0.17	0.00	0.26	-0.42	1.00				
풍속	0.36	-0.71	-0.18	-0.16	0.10	1.00			
강우량	-0.43	0.06	0.57	0.71	-0.31	-0.19	1.00		
최대풍속	0.18	-0.40	-0.03	-0.06	0.11	0.66	-0.06	1.00	
월	-0.51	0.00	0.27	0.44	-0.28	-0.32	0.15	-0.19	1.00

위 통제변수 상관관계 분석에서도 알 수 있듯이 상관관계 지수 0.7을 상회하는 것은 두 군데 발생하는데 연도와 풍속, 습도와 강우량이다. 하지만 두 변수 모두 관심변수이고 0.7을 조금 상회하여 모두 통제변수에 포함

시켰다.

본 연구는 미세먼지가 미세먼지 관련 정책으로 관련 질병 내원일수 감소에 어떤 영향을 주었는지 분석하기 위해 매개 효과 분석을 하였다. 그래서 먼저 미세먼지 즉 매개변수를 종속변수로 하고 미세먼지 관리 정책 더미 변수 독립 변수 나머지를 통제변수로 하는 회귀분석을 하였다. 그 다음 호흡기 질환의 내원일수를 종속변수 미세먼지 관리 정책과 매개변수와 통제변수를 회귀 식으로 하는 회귀분석을 실시하였고 마지막으로 매개변수를 제외한 호흡기 질환 내원일수를 종속변수, 미세먼지 관리 정책을 독립변수, 기후요소를 통제변수로 하는 회귀분석을 실시하여 매개 효과가 나타나는지 분석하였다. 또한, 종속변수인 내원일수를 월 시차 적용하여 매개 효과가 나타날 때까지 회귀 분석하였다. 매개효과 회귀식을 간략하게 정리하면 아래와 같다.

[표 3-3] 매개 효과 회귀 식 정리

순서	회귀식
1단계	미세먼지(종속변수) = 정책시행더미(독립변수)+ 기상요소(통제변수)
2단계	내원일수(종속변수) = 정책시행더미(독립변수)+미세먼지(매개변수)+ 기상요소(통제변수)
3단계	내원일수(종속변수) = 정책시행더미(독립변수)+기상요소(통제변수)

1단계 정책 시행 더미 독립변수와 종속변수인 매개변수의 회귀분석 변수 정의는 다음과 같다.

[표 3-4] 매개 효과 1단계 회귀 식 정의

변수명		정의
종속변수	미세먼지	PM10
독립변수	미세먼지 관리 정책	2015년1월~2017년6월(0), 2017년7월~2019년 12월(1)
통제변수	기상요소	평균온도, 강우량, 평균풍속, 평균습도, 일조량, 최대풍속
	년도, 월	년도, 1월~12월까지 각 월 더미변수

이를 회귀 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$Y(\text{미세먼지 PM10}) = a + b_1\text{미세먼지정책시행더미} + b_2\text{년도} + b_3\text{기상요}$$

소+ i월별 더미변수 + e

다음 매개 효과 2단계로 질병의 내원일수를 종속변수로 하고 나머지 독립변수, 매개변수, 통제변수를 모두 포함하여 분석하는 회귀 식이다.

[표 3-5] 매개 효과 2단계 회귀 식 정의

변수명		정의
종속변수	내원일수	호흡기 질환(급성,상기도 감염, 급성 하기도 감염, 천식)
독립변수	미세먼지 관리정책	2015년1월~2017년6월(0), 2017년7월~2019년 12월(1)
매개변수	미세먼지	PM10
통제변수	기상요소	평균온도, 강우량, 평균풍속, 평균습도, 일조량, 최대풍속
	년도, 월	년도, 1월~12월까지 각 월 더미변수

이를 회귀 식으로 나타내면 다음과 같다.

질병별 내원일수 = a + b₁미세먼지정책시행더미 + b₂매개변수 + b₃년도 + b₄기상요소+ i월별더미변수 + e

마지막은 3단계 회귀식은 2단계에서 매개변수만 빼고 회귀 식을 수행하였다.

[표 3-6] 매개 효과 3단계 회귀 식 정의

변수명		정의
종속변수	내원일수	호흡기 질환(급성,상기도 감염, 급성 하기도 감염, 천식)
독립변수	미세먼지 관리정책	2015년1월~2017년6월(0), 2017년7월~2019년 12월(1)
통제변수	기상요소	평균온도, 강우량, 평균풍속, 평균습도, 일조량, 최대풍속
	년도, 월	년도, 1월~12월까지 각 월 더미변수

이를 회귀 식으로 나타내면 다음과 같다.

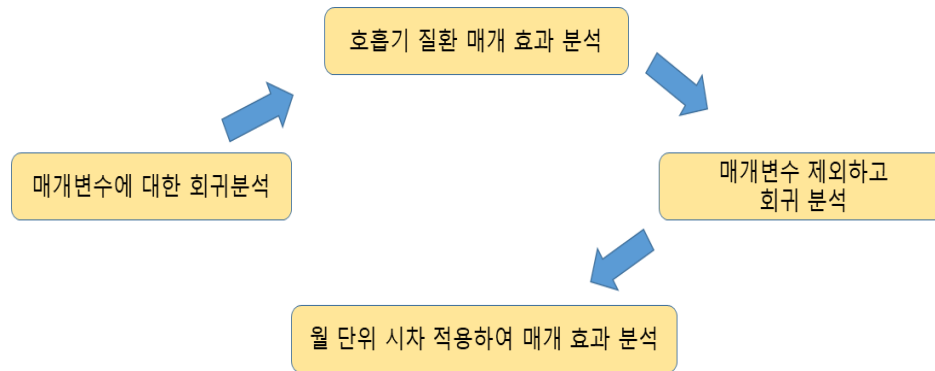
질병별 내원일수 = a + b₁미세먼지정책시행더미 + b₂년도 + b₃기상요소 + i월별더미변수 + e

1단계에서 매개변수인 미세먼지에 대해 정책더미변수가 유의미함을 판단하고 또한 미세먼지가 줄었는지 분석한 다음 2단계와 3단계의 정책더미변수의

회귀계수 값의 차이로 미세먼지의 간접 효과를 분석하였다.

이 회귀분석을 [그림 2] 매개 효과 분석순서로 정리하면 다음과 같다.

[그림 2] 매개 효과 분석순서



본 연구에서 월 단위 시차 적용은 기타 급성하기도 감염에서는 나타나지 않았고, 급성상기도 감염에서는 2개월까지였고 천식은 당월만 존재하였다.

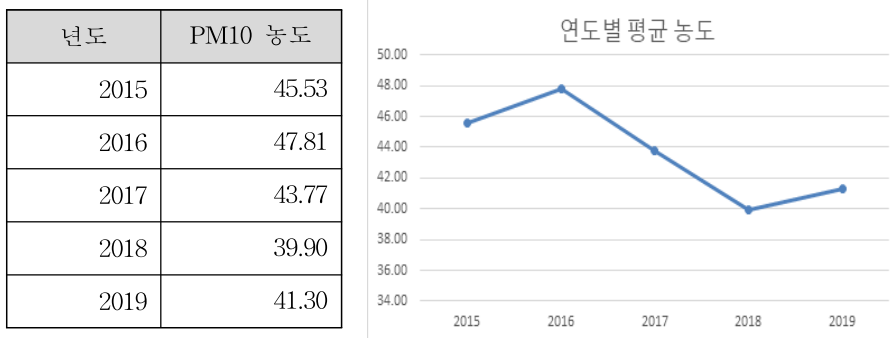
제 4 장 분석결과

제 1 절 일반적 현황

선행연구에서 미세먼지와 관련 질병과의 관계는 사실상 높은 유의성을 나타내지는 않았다. 0.3% 이하가 거의 대부분이다. 하지만 배상혁·홍윤철(2019)은 ‘미세먼지의 건강 영향’ 논문에서 미세먼지는 다른 위험요인과 달리 노출되는 사람의 수가 많고 노출이 대체로 비자발적이기 때문에 비교적 작은 관련성임에도 불구하고 그것이 가지는 보건학적 의미는 중요하다고 하였는데, 본 연구에서도 미세먼지 관리 정책으로 내원일수 감소에 미세먼지가 차지하는 비율은 급성상기도 감염이 18%로 가장 높았고 나머지는 10% 초반으로 낮았으며, 시차 적용 시에는 그 비율이 더욱 감소하였다. 따라서 당월이 가장 높았다.

먼저 미세먼지의 일반적인 현황을 살펴보면, [표 4-1] 서울시 자치구 연도별 미세먼지 평균농도에서 PM10은 2015년부터 2016년까지 증가하였다가 2016년에서 2018년도까지 하강 곡선을 그리다가 다시 2019년에 조금 상승하였다.

[표 4-1] 서울시 자치구 연도별 미세먼지 PM10 평균농도



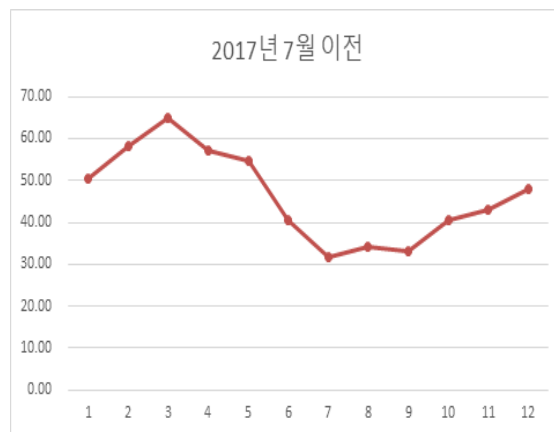
이와 같은 그래프의 이유는 때마침 실시한 2017년도에 미세먼지 관리 정책 일 수도 있고 다른 이유일 수도 있지만 어쨌든 2019년도에는 2018년도보다 조금 늘기는 했어도 그 변화의 기점에 미세먼지 비상저감조치 등 서울시 10대

미세먼지 관리 정책이 있었다.

다음은 [표 4-2]와 [표 4-3]처럼 년도 별이 아니라 월별로 2017년 7월 이전과 이후의 PM10 농도를 살펴보면 2017년 7월 이전은 물결 모양의 그래프이지만 이후는 국자 모양으로 바뀐 것을 볼 수 있다. 2017년 이후에 1월과 11월이 2017년 이전보다 좀 높고 나머지는 모두 다 낮다. 특히 여름이 다른 계절보다 많이 떨어졌다.

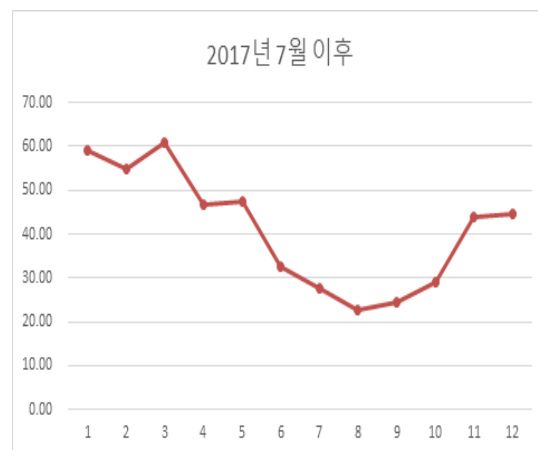
[표 4-2] 서울시 자치구 월별 미세먼지 PM10 평균농도 - 2017년 7월 이전

월	평균 농도
1월	50.59
2월	58.24
3월	65.03
4월	57.00
5월	54.69
6월	40.45
7월	31.58
8월	34.20
9월	33.02
10월	40.70
11월	42.88
12월	47.92



[표 4-3] 서울시 자치구 월별 미세먼지 PM10 평균농도 - 2017년 7월 이후

월	평균 농도
1월	58.94
2월	54.90
3월	60.92
4월	46.64
5월	47.34
6월	32.62
7월	27.63
8월	22.81
9월	24.53
10월	29.20
11월	43.72
12월	44.69

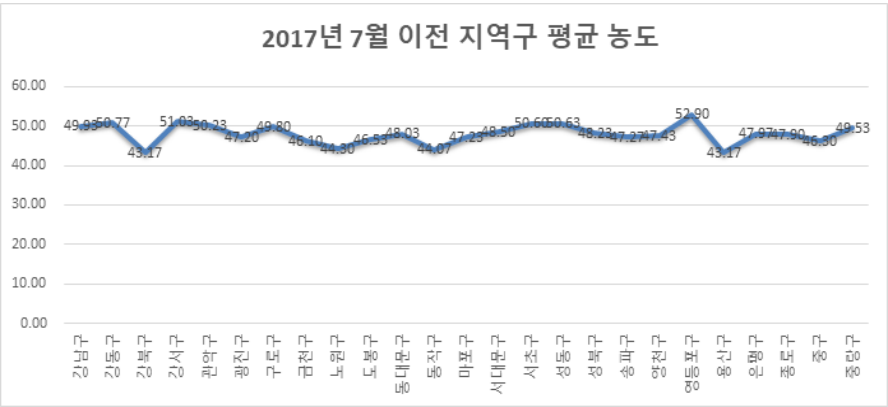


다음은 [표 4-4]와 [표 4-5]의 서울시 25개 자치구에 대한 미세먼지 패턴을 살펴보면, 2017년 7월 이전은 강북구와 용산구가 가장 낮고 영등포구가 가장 높으며 나머지 구에 대해서는 파동이 크지 않은 물결 모양을 이루고 있다. 2017년 7월 이후는 영등포까지 별 변동이 없다가 영등포에서 가장 높고 용산구에서 가장 낮다. 전체적으로 이전보다 많이 농도가 감소하였다. 하지만 영등포는 이전과 이후 모두 높으므로 영등포에 대한 미세먼지 저감 대책 보강이 필요해 보인다.

[표 4-4] 지역구별 미세먼지 농도 - 2017년 7월 이전

2017년 7월이전	평균 농도	2017년 7월이전	평균 농도
강남구	49.93	마포구	47.23
강동구	50.77	서대문구	48.50
강북구	43.17	서초구	50.60
강서구	51.03	성동구	50.63
관악구	50.23	성북구	48.23
광진구	47.20	송파구	47.27
구로구	49.80	양천구	47.43
금천구	46.10	영등포구	52.90
노원구	44.30	용산구	43.17
도봉구	46.53	은평구	47.97
동대문구	48.03	종로구	47.90
동작구	44.07	중구	46.30
		중랑구	49.53

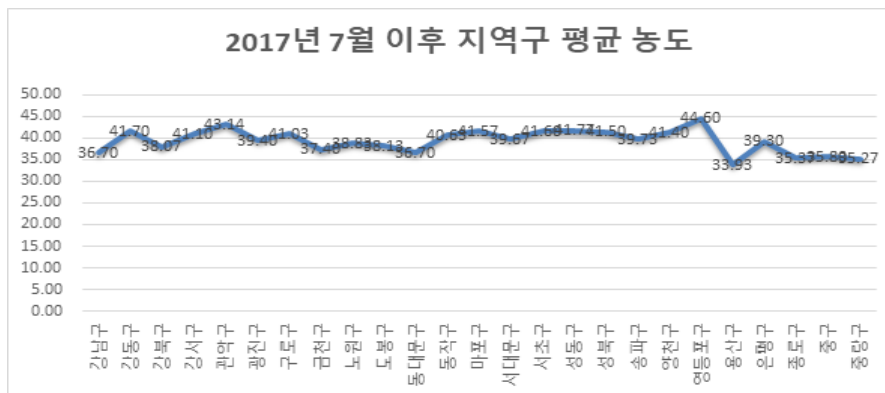
[그림 1] 지역구별 미세먼지 농도 그래프 - 2017년 7월 이전



[표 4-5] 지역구별 미세먼지 농도 - 2017년 7월 이전

2017년 7월 이후	평균 농도	2017년 7월 이후	평균 농도
강남구	36.70	마포구	41.57
강동구	41.70	서대문구	39.67
강북구	38.07	서초구	41.60
강서구	41.10	성동구	41.77
관악구	43.14	성북구	41.50
광진구	39.40	송파구	39.73
구로구	41.03	양천구	41.40
금천구	37.40	영등포구	44.60
노원구	38.83	용산구	33.93
도봉구	38.13	은평구	39.30
동대문구	36.70	종로구	35.37
동작구	40.63	중구	35.80
		중랑구	35.27

[그림 2] 지역구별 미세먼지 농도 그래프 - 2017년 7월 이후



제 2 절 매개변수 회귀분석

미세먼지와 관련 질병과의 인과관계 분석을 위하여 각 미세먼지가 정책 시행으로 관련 질병들에 어느 정도 영향을 매개역할을 하였는지 분석하기 위해 먼저, 미세먼지를 종속변수로 하고 미세먼지 정책 시행을 독립변수로 하는 회귀분석을 하였다.

이 절에서는 먼저 미세먼지 PM10을 종속변수로 하고 정책 시행 더미 변수로 하는 회귀분석을 실시하였다. 그리고 회귀분석을 하기 전에 다중 공산성 분석으로 독립변수와 통제변수, 종속변수를 결정하였다.

분석결과, [표 4-6]과 같이 미세먼지 신뢰수준 100%로 미세먼지 정책 이후에 $5.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 감소하였다. 이는 연도별 분석과 마찬가지로 2017년 이후는 이전에 비해 감소 된 것이 회귀 식으로 증명되었다.

[표 4-6] 서울시 자치구 연도별 미세먼지 PM10 평균농도

매개변수	정책더미변수	P value
PM10	5.14 감소	(0.000)

[표 4-7]은 PM10의 회귀 식 결과이다. 정책더미변수 이외에 통제변수는 온도와, 풍속에 유의성이 큰 것으로 나타났다. 거의 대부분이 95% 이상 신뢰수준을 보였고 온도는 양의 방향, 풍속은 음의 방향으로 유의하다. 1월에 회귀계수가 가장 높고 8월에 가장 낮다. 풍속과 음의 방향으로 유의미한 것으로 보아 바람이 많이 부는 날은 미세먼지가 감소함을 알 수 있다. 통제변수 중에 강수량, 최대풍속과는 통계적 유의성이 없고 나머지는 모두 통계적으로 유의미하였다.

[표 4-7] PM10 회귀분석

PM10	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-5.14061***	0.9483314	-5.42
년도	-1.897285***	0.3245929	-5.85
온도	1.900735***	0.2427536	7.83
습도	-0.6368022***	0.0810652	-7.86
일조시간	-0.0474056***	0.0133862	-3.54

풍속	-7.309448***	1.1916510	-6.13
강우량	0.0036707	0.0040104	0.92
최대풍속	0.0941003	0.2821678	0.33
2월	-0.2685607	1.1794040	-0.23
3월	-5.486607**	2.3929860	-2.29
4월	-26.85884***	3.8013110	-7.07
5월	-36.68249***	5.1414470	-7.13
6월	-57.90258***	5.9595650	-9.72
7월	-69.34048***	6.7792200	-10.23
8월	-72.37442***	6.8935180	-10.50
9월	-66.14836***	5.8260090	-11.35
10월	-47.9708***	4.2372550	-11.32
11월	-24.84528***	2.4720160	-10.05
12월	-11.45484***	1.1891930	-9.63
N	1499		

제 3 절 질병별 매개 효과 분석

질병별 매개 효과는 매개변수, 독립변수 모두 포함하여 한번 분석하고 다시 매개변수를 모두 제외하고 분석하여 매개 효과를 분석하고 다시 종속변수 질병 내원일수를 시차를 적용하여 매개 효과를 분석하였다.

호흡기 관련 질병 급성상기도 감염, 기타 하기도감염, 천식에 대한 매개 효과 분석결과는 아래 [표 4-8] 다음과 같다. 전체적으로 당월 시차에 대해서는 10%대 매개 효과가 있었고 1개월 후 종속변수 내원일수에 대한 영향에서는 5~6%대 2개월 차에는 거의 없거나 2%대였다. 따라서 시차를 적용하지 않는 경우가 가장 높았다. 호흡기 질환은 거의 한 달 안으로 영향이 가장 크고 병원도 그 기간 안에 모두 방문한다고 생각할 수 있다.

미세먼지 관리 정책에 대한 내원일수 감소에 미세먼지 영향은 호흡기 질환의 경우 최대 20%였고 나머지 미세먼지 관리 정책의 직접적인 원인이 대부분임을 알 수 있다.

따라서 미세먼지 관리 정책 시행 후 관련 질병의 내원일수 감소는 미세먼지의 영향보다 다른 영향이 많음을 알 수 있다.

본 연구는 서울시 25개 자치구에 대한 패널 회귀분석으로 매개 효과의 영향을 분석하는 것이고 정책의 직접적인 원인은 통계적으로 분석할 수가 없었다.

따라서 매개 효과 이외의 정책의 직접적인 원인을 추리한다면 미세먼지 정책으로 정부의 미세먼지 경보나 주의보 발령 시 마스크 착용, 미세먼지를 재난으로 인식하는 국가의 노력, 홍보 등으로 국민들이 외출을 줄이는 등으로 예전보다 쉽게 마스크 쓰기가 생활화되었고 좀 더 생활 건강 예방과 관리에 신경을 써 호흡기 질환이 감소하였을 수 있다.

[표 4-8] 전체 상병 매개변수 결과

상병	당월 매개 효과	1개월 시차 매개 효과	2개월 시차 매개 효과
급성상기도감염	18.32%(-3.12, 3.82)	6.99%(-7.72, -8.3)	2.11%(-5.1, -5.21)
기타 급성하기도감염	12.73%(-6.72, -7.7)	5.53%(-11.1, 11.74)	
천식	11.49%(-6.24, 7.05)		

1. 급성상기도 감염

흔히 우리가 감기라고도 부르는 급성상기도 감염은 4월과 12월에 가장 많이 의원을 내원하였고 8월 달이 가장 적었다. 자료 수집 시기가 2015년도이지만 2010년부터 연도별 추이를 보면 2011년부터 2014년까지 정체를 보이다가 2016년부터는 계속 감소하고 있다.

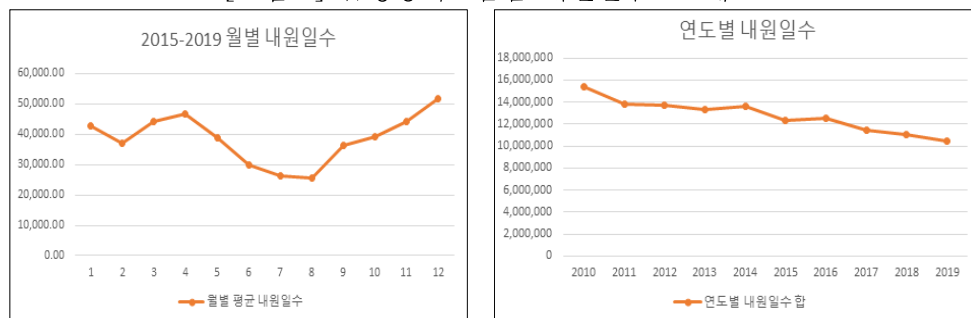
급성상기도 감염의 시차를 적용하지 않고 당월 회귀분석 결과 내원일수는 정책 이전에 비해 3.12%일 감소하였다. 모든 통제변수가 유의미하였고 PM10은 0.13% 회귀계수를 나타냈다. 이 의미는 미세먼지가 1% 증가할 때 내원일수는 0.13% 증가한다는 의미이다. 온도는 음의 방향으로 3.66% 회귀계수를 나타냈고 풍속은 양의 방향으로 11.34%를 나타냈다. 즉

추울 때 감기가 많이 걸리고 바람이 많이 불 때 내원일수가 높다는 의미이다. 하지만 최대풍속은 음의 방향으로 2.92%로 나와 바람이 강할 때는 오히려 내원일수가 감소함을 알 수 있다. 이는 바람이 강할 때는 미세먼지가 적어진다고 추리할 수 있으나 앞서 매개변수 분석에서는 통계적으로 유의미하지 않았다. 9월에 가장 회귀계수가 높고 2월에 회귀계수가 가장 낮았다. 당월, 시차를 적용하지 않았을 때 매개변수를 포함하였을 시 정책 더미변수는 -3.12이고 매개변수를 포함 시 [표 4-10]처럼 -3.82였으므로 PM10의 미세먼지 정책으로 내원일수 감소에 간접적인 영향은 18.32%를 차지하였다. 이는 앞서 설명한 것처럼 PM10이 정책 이후의 내원일수 감소에 많은 영향은 주지 않았음을 알 수 있다.

그리고 시차를 적용할수록 매개 효과는 점점 작아짐을 알 수 있다. 시차 1개월 적용 후는 매개변수 포함 시 정책더미변수가 -7.72이고 제외 시 -8.3이었으므로 매개 효과는 6.99%를 나타냈고 시차 2개월 후는 2.11%를 나타냈고 3개월부터는 PM10을 포함하지 않을 때 정책 더미 변수 회귀계수 값이 더 작아 매개 효과가 나타나지 않았다(부록 2. 급성상기도 감염 1개월 이상 회귀분석 참고).

따라서 급성상기도 감염은 미세먼지 관리 정책 이후 내원일수 감소는 미세먼지의 영향보다도 정책의 직접적인 이유가 80% 이상이었음을 알 수 있다. 정책의 직접적인 이유는 본 연구에서 증명할 수는 없지만 미세먼지를 정부에서 국가의 환경재난으로 인식하고 홍보하며 미세먼지 저감 대책처럼 이전보다 좀 더 실질적이고 간섭과 통제를 실시하면서 오히려 국민들도 스스로 마스크 착용의 생활화, 외출하고 돌아올 때는 손 씻기 등, 미세먼지 영향보다 더 자기 건강관리와 예방에 철저하지 않았나 생각된다. 그리하여 정책이 가져다 주는 직접적인 원인이 많았을 거라 생각된다. 그리고 정책의 시점에서 사회 환경적인 요인도 있을 거라 본다. 예를 들면 금연정책의 강화라든가, 미세먼지 관련 정책이라고는 할 수 없는 의료 기술의 발달로 내원일수가 짧아졌거나 호흡기 질환의 관련 신약의 등장 및 효능·효과 증가로 굳이 병원에 내원을 하지 않고서도 약으로 치유할 수 있어 내원일수가 줄었을 수도 있다. 또한, 급성상기도 감염의 PM10의 매개 효과는 18% 정도를 차지하고 있어 많지는 않지만 그렇다고 그렇게 적은 수치는 아니면 미세먼지 관리 정책으로 앞서 매개변수 회귀분석에서 정책 이후에 농도가 $5.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 감소하였고 내원일수 감소에 18%의 간접적인 원인을 제공하였다.

[그림 3] 급성상기도감염 내원일수 그래프



[표 4-9] 급성상기도감염 회귀분석 - 시차 0, 매개변수 포함

급성상기도 감염 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-3.12221***	1.19243	-2.62
PM10	0.13517***	0.03264	4.14
년도	-2.68936***	0.4088	-6.58
온도	-3.6659***	0.3085	-11.88
습도	0.30067***	0.10303	2.92
일조시간	0.0567***	0.01674	3.39
풍속	11.34222***	1.50253	7.55
강우량	0.03679***	0.00499	7.37
최대풍속	-2.92198***	0.35128	-8.32
2월	-12.0232***	1.46825	-8.19
3월	31.01784***	2.98437	10.39
4월	61.13488***	4.8127	12.70
5월	61.17685***	6.51151	9.40
6월	48.74135***	7.65586	6.37
7월	42.98559***	8.7375	4.92
8월	50.085***	8.90077	5.63
9월	74.46589***	7.56719	9.84
10월	53.83256***	5.50232	9.78
11월	36.19325***	3.18241	11.37
12월	29.283***	1.52688	19.18
N	1499		

[표 4-10] 급성상기도감염 회귀분석 - 시차 0, 매개변수 제외

급성상기도 감염 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-3.82135***	1.18636	-3.22
년도	-2.94254***	0.4056	-7.25
온도	-3.40846***	0.30375	-11.22
습도	0.2143**	0.10142	2.11
일조시간	0.05024***	0.01675	3.00
풍속	10.35067***	1.49099	6.94
강우량	0.03729***	0.00502	7.43
최대풍속	-2.90422***	0.3515	-8.26
2월	-12.05838***	1.47584	-8.17

3월	30.27275***	2.99439	10.11
4월	57.49407***	4.75629	12.09
5월	56.20825***	6.43341	8.74
6월	40.91213***	7.45752	5.49
7월	33.60808***	8.48315	3.96
8월	40.29261***	8.626	4.67
9월	65.52649***	7.29041	8.99
10월	47.34561***	5.30228	8.93
11월	32.83565***	3.09337	10.61
12월	27.73598***	1.48808	18.64
N	1500		

2. 기타 급성하기도 감염

기타 급성하기도 감염은 질병 분류기호 J20~J22 사이 질병으로서 크게 급성 기관지염, 급성 세기관지염, 상세 불명의 급성하기도 감염으로 나뉜다. 기타 급성하기도 감염에 대한 월별 내원일수 그래프를 보면 상기도 감염과 비슷하게 4월과 12월이 가장 높고 연도별로는 증가 곡선을 나타내고 있다. 2015년 이후는 11월에서 12월까지 가파르게 증가하고 있다.

분석결과에서 시차를 적용하지 않았을 때 [표 4-11]에서 보는 바와 같이 내원일수는 정책 이전에 비해서 6.71%일 정도 감소하였으며 PM10은 0.18% 회귀계수를 나타내었다. 급성 상하기도 감염과 같이 나머지 통제변수도 95% 이상 신뢰수준으로 통계적으로 유의미하였다. 기상 요소는 온도, 풍속, 최대풍속이 회귀계수가 높았으며, 온도는 음의 방향으로 4.56%를 나타내었고 풍속은 양의 방향으로 8.29%, 최대풍속은 음의 방향으로 3.06%이다.

기타 급성하기도 감염 또한 급성상기도 감염과 동일한 패턴으로 온도는 낮을수록, 바람은 많이 불수록, 바람이 세기가 작을수록 내원일수와 비례하였다. 기타 급성하기도 감염도 9월에 가장 회귀계수가 높고, 2월에 가장 낮았다.

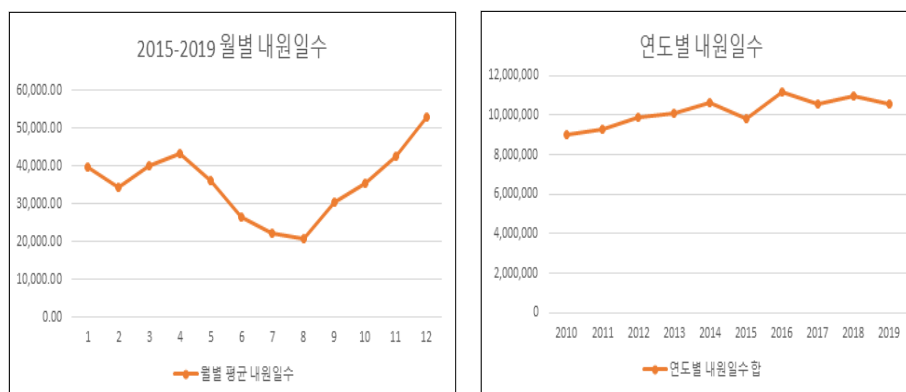
당월에 매개변수가 포함된 회귀 식에서 정책 더미 변수가 -6.71, 매개변수가 제외되었을 시 [표 4-12]에서 보는 바와 같이 -7.69로 매개 효과 비율은

12.73%이다. 시차 적용 1개월에는 매개변수 포함 시 정책 더미 변수가 -11.09, 제외 시 11.74로 매개 효과는 5.53%였다. 시차 적용 2개월에는 매개변수 제외 시 정책 더미 변수가 포함하였을 때 보다 더 작아서 매개 효과가 사라졌고 시차를 적용할 때마다 통제변수의 통계적 신뢰수준과 회귀계수가 작아지는 것을 볼 수 있다(부록 3. 기타 급성하기도 감염 1개월 이상 회귀분석 참고). 이는 당월이 가장 통계적으로 신뢰수준이 높고 유의함을 알 수 있다. 그리고 급성상기도 감염과 마찬가지로 시차 1개월 때 정책 더미 변수 회귀계수가 가장 높다. 시차를 적용하지 않았을 때 보다 2개가량 높다. 이것은 1개월이 지남으로써 이전 달의 매개변수인 미세먼지와 통제변수인 기후의 영향을 많이 벗어난 결과로도 볼 수 있고 정책의 직접적인 이유가 가장 많이 나타나는 때이기도 하다.

미세먼지 관리 정책의 직접 효과는 상기도 감염과 같을 것이다. 다만 상기도 감염보다 직접 효과가 더 큰 이유는 감염의 특징상 기도 더 아래에 발생한다는 질병으로 미세먼지와 직접적인 영향이 덜 한 것으로도 짐작할 수 있다.

결론적으로, 기타 급성하기도 감염 또한 당월에 매개 효과가 가장 높았고 미세먼지 관리 정책으로 인한 내원일수 감소에 PM10은 최대 12.73%를 차지하여 미세먼지 관리 정책의 직접 효과가 더 많은 비율을 차지하였음을 알 수 있었고, PM10도 10% 초과 of 간접적인 영향을 가지고 있음을 발견하였다.

[그림 4] 기타 급성하기도 감염 내원일수 그래프



[표 4-11] 기타 급성하기도감염 회귀분석 - 시차 0, 매개변수 포함

기타급성 하기도감염 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-6.71503***	1.33279	-5.04
PM10	0.1862***	0.03648	5.10
년도	3.89609***	0.45692	8.53
온도	-4.56135***	0.34482	-13.23
습도	0.36483***	0.11516	3.17
일조시간	0.07067***	0.01871	3.78
풍속	8.29332***	1.67939	4.94
강우량	0.04523***	0.00558	8.10
최대풍속	-3.06928***	0.39263	-7.82
2월	-9.67616***	1.64108	-5.90
3월	37.00035***	3.33567	11.09
4월	75.03618***	5.37921	13.95
5월	79.0297***	7.278	10.86
6월	65.58406***	8.55706	7.66
7월	55.04441***	9.76601	5.64
8월	62.31493***	9.9485	6.26
9월	86.0293***	8.45795	10.17
10월	66.48845***	6.15002	10.81
11월	48.13621***	3.55702	13.53
12월	41.16951***	1.70662	24.12
N	1499		

[표 4-12] 기타 급성하기도감염 회귀분석 - 시차 0, 매개변수 제외

기타급성 하기도감염 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-7.69836***	1.33031	-5.79
년도	3.56268***	0.45482	7.83
온도	-4.20428***	0.34061	-12.34
습도	0.24443**	0.11373	2.15
일조시간	0.06151***	0.01878	3.28
풍속	6.91072***	1.67191	4.13
강우량	0.04593***	0.00563	8.16
최대풍속	-3.02108***	0.39415	-7.66
2월	-9.71934***	1.65491	-5.87
3월	35.95754***	3.35772	10.71

4월	69.97185***	5.33341	13.12
5월	72.13643***	7.21403	10.00
6월	54.78604***	8.3624	6.55
7월	42.10285***	9.51248	4.43
8월	48.77935***	9.67266	5.04
9월	73.72255***	8.17501	9.02
10월	57.53868***	5.94565	9.68
11월	43.51401***	3.46871	12.54
12월	39.04445***	1.66864	23.40
N	1499		

3. 천식

천식은 폐로 연결되는 통로인 '기관지'의 질환의 일종으로, 특정한 유발 원인 물질에 노출되었을 때 기관지의 염증에 의해 기관지가 심하게 좁아져 기침, 천명, 호흡곤란, 가슴 답답함이 반복적으로 발생하는 질환을 말한다.(네이버 지식백과, 2020)

천식에 대한 월별 내원일수 그래프를 살펴보면 옆으로 물결 모양을 이루고 있으며 12월이 가장 높다, 연도별로는 오른쪽으로 비스듬한 사선 모양으로 연도가 지날 때마다 계속 감소하고 있다. 천식을 시차 적용하지 않고 회귀 분석한 결과 정책 더미 변수가 이전보다 6.24%일 감소하였고 PM10은 회귀계수 0.15%로 통계적으로 유의미하였다. 기후요소는 온도와 최대풍속의 음의 방향으로 각각 -2.85%, -2.02%로 유의미하였고 풍속, 습도는 통계적으로 유의미하지 않았다. 따라서 풍속은 천식이랑 영향이 없음을 알 수 있다. 오히려 최대풍속과 음의 방향으로 유의미하여 대기의 오염 요소들이 적어서 천식의 염증에 적게 작용하리라고 추리할 수 있다. 천식은 5월 달에 회귀계수가 가장 높았고 2월 달에 가장 낮았다.

당월 회귀분석에서 [표 4-13], [표 4-14]에서와 같이 매개변수 포함 시 정책 더미 변수가 -6.24, 포함 시 -7.05로 미세먼지 관리 정책으로 천식의 내원일

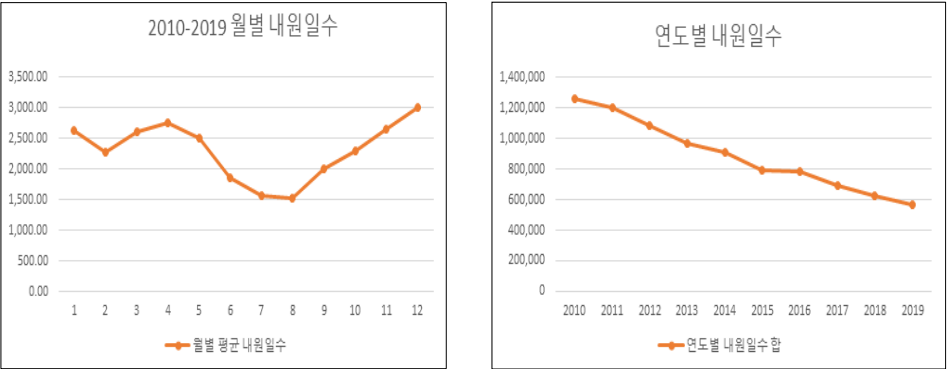
수 감소에 PM10이 11.49%의 매개역할을 하였다. 시차 1개월 적용 시부터는 매개변수를 제외하였을 시 정책 더미 변수가 더 작아 매개 효과는 사라졌다(부록 3. 천식 1개월 이상 회귀분석 참고).

따라서 천식은 다른 두 호흡기 질환과 달리 시차 적용에는 매개 효과가 없는 것으로 나타났다. 이는 천식은 미세먼지의 영향이 한 달 이내로 그리 오래가지 않음을 알 수 있다.

매개 효과와의 별개로 천식도 시차 1개월 적용 시 정책 더미 변수가 -10.71%로 당월보다 훨씬 높았으며 이는 다른 호흡기 질환과 동일하게 이전의 매개변수와 통제변수에 의해 병원 내원에 많은 제약을 받지 않으며 내원일수도 전 달에 비해 많이 떨어지는 시기이다. 통계적으로는 전 달의 매개변수와 통제변수로 정책의 직접적인 효과가 가장 높은 시기이다.

급성상기도 감염, 기타 급성하기도 감염, 천식은 모두 PM10의 정책 이후에 $5.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 감소하여 모두 최대 11% 매개 효과를 나타냈다.

[그림 5] 천식 내원일수 그래프



[표 4-13] 천식 회귀분석 - 시차 0, 매개변수 포함

천식 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-6.24279***	1.61385	-3.87
PM10	0.15401***	0.04417	3.49

년도	-7.47878***	0.55327	-13.52
온도	-2.85337***	0.41753	-6.83
습도	0.19823	0.13945	1.42
일조시간	0.03964*	0.02265	1.75
풍속	2.28827	2.03354	1.13
강우량	0.02235***	0.00676	3.31
최대풍속	-2.02628***	0.47543	-4.26
2월	-11.57118***	1.98715	-5.82
3월	20.61503***	4.03909	5.10
4월	46.56744***	6.51358	7.15
5월	51.42754***	8.81278	5.84
6월	32.56603***	10.36157	3.14
7월	23.59833**	11.82547	2.00
8월	26.86546**	12.04644	2.23
9월	43.87684***	10.24156	4.28
10월	35.27077***	7.44693	4.74
11월	25.712***	4.30712	5.97
12월	18.73358***	2.06651	9.07
N	1499		

[표 4-14] 천식 회귀분석 - 시차 0, 매개변수 제외

천식 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-7.05044***	1.60299	-4.40
년도	-7.75885***	0.54804	-14.16
온도	-2.55872***	0.41042	-6.23
습도	0.09904	0.13704	0.72
일조시간	0.03214	0.02263	1.42
풍속	1.14939	2.01461	0.57
강우량	0.02293***	0.00678	3.38
최대풍속	-1.99307***	0.47494	-4.20
2월	-11.60837***	1.99413	-5.82
3월	19.75711***	4.04597	4.88
4월	42.39239***	6.42663	6.60
5월	45.73971***	8.69273	5.26
6월	23.63847**	10.07648	2.35
7월	12.90081	11.46231	1.13
8월	15.68294	11.65532	1.35
9월	33.69561***	9.85069	3.42

10월	27.87214***	7.16436	3.89
11월	21.88807***	4.17971	5.24
12월	16.97422***	2.01067	8.44
N	1500		

제 5 장 결론

제 1 절 연구결과 요약 및 고찰

본 연구는 미세먼지 관리 정책으로 호흡기 질환의 내원일수 변화에 있어 미세먼지가 어떤 역할을 하는지 분석하였다. 미세먼지 자체 정책에 대한 결과를 분석하지 않고 미세먼지 관리 정책이 결과로 가져다주는 관련 질병에 있어 미세먼지가 간접 효과를 분석하였다.

미세먼지 관련 질병들은 호흡기 질환 중에 급성상기도 감염, 기타 급성하기도 감염, 천식에 대해서 살펴보았고 미세먼지는 PM10을 선택하였다. 기간은 2015년부터 2019년까지 서울시 25개 자치구를 중심으로 의원을 내원한 환자들의 내원일수를 대상으로 매개변수 PM10, 통제변수 기상 요소, 독립변수 미세먼지 관리 정책을 Panel 회귀 분석하였다. 정책의 분기점은 2017년 7월 서울시 미세먼지 10대 정책의 시점으로 설정하였고 미세먼지 관리 정책 때문에 호흡기 질환의 내원일수 변화에 미세먼지 PM10의 간접 효과는 얼마인지를 매개 효과로 분석해 보았다.

분석결과 미세먼지 관리 정책 이후에 PM10의 농도는 $5.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 감소하였으며 미세먼지 10대 정책으로 내원일수 감소에 PM10은 급성상기도 감염에서 최대 18%, 기타 급성하기도 감염은 12%, 천식은 11%의 간접 매개역할을 하였다.

또한 연구에서 PM2.5, 기타 대기오염물질 NO₂, CO, SO₂, O₃ 등도 분석을 하였는데 기타 하기도감염에서는 미세먼지, 대기오염물질 어느 것도 매개 효과가 없었으며 상기도 감염에서 PM2.5는 7% 정도, CO는 2% 정도였고 천식에서는 PM2.5는 6.24%, O₃는 6.52%였다. 하지만 O₃는 상기도 감염과 천식에서 월 시차를 적용하면서 매개 효과가 커졌다. 상기도 감염에서는 2개월 시차를 적용 시 최고 22.64% 천식에서는 3개월 시차 적용 시 최고 21%를 나타냈다(부록 참고).

하지만 이 모든 것에서 매개 효과에 대한 비율을 고려해볼 때 미세먼지 관리 정책으로 내원일수 감소는 미세먼지보다 정책의 직접 효과가 더 많은 것으로 나타났다. 이는 실제적으로 미세먼지 관리 정책에 있어서 미세먼지가 내원일수 감소에 많은 영향을 미치지 않고 오히려 정책 자체에 더 많은 효과가 있음을 나타낸 것이다.

그 원인으로는 미세먼지를 국가의 재난으로 여겼으며 이전보다 좀 더 강력한 미세먼지 저감 대책 같은 실질적인 정책을 펴으로써 시민들이 스스로 마스크 착용의 생활화, 외출하고 손 씻기 등, 이전보다 좀 더 자기 건강관리와 예방에 철저한 것이 이유가 아닌가 생각된다. 또한 미세먼지 관리 정책 외적으로 오히려 영향이 많을 수도 있다. 이는 실제적으로 미세먼지의 정책보다 사회, 환경적으로 의술과 과학기술이 발달하여 예전에는 3일 내원하던 것이 하루로 줄어들었을 수도 있으며 호흡기 질환은 심각한 질병이 아니므로 병원에 가지 않고 효과 좋은 약들이 많아 약을 처방받았을 수도 있다.

또한 PM10을 가지고 호흡기 질환을 분석했을 때 접촉하는 부위가 공기와 맞닿는 순서와 가까울수록 매개 효과가 커짐을 짐작할 수 있었고 기후적인 요소는 온도는 음의 방향, 풍속은 양의 방향, 최대풍속은 음의 방향으로 유의성을 나타내었다.

이는 우리가 흔히 말하는 감기의 특징인 온도가 낮고, 바람이 많이 불고, 최대풍속이 작을 때 비례하였다. 계절적으로는 2월 달이 가장 회귀계수가 낮았고 가장 높은 월은 9월 천식은 5월이었다. 이는 겨울보다 가을과 봄에 많이 발생함을 알 수 있었다.

매개 효과는 시차를 적용하지 않고 당월에 가장 높았다. 이는 호흡기 질환이 한 달 정도를 넘어가면 점점 효과가 낮아짐을 알 수 있었고 정책 더미 변수만을 고려했을 때는 내원일수 종속변수를 한 달 뒤 시차를 적용했을 때 회귀계수가 가장 높았다.

이는 전달의 미세먼지, 기상 요소로 다음 달의 내원일수 영향에 미세먼지 정책의 직접 효과가 가장 높음을 알 수 있었다.

본 연구는 미세먼지 정책으로 미세먼지 관련 질병에 미세먼지가 많은

영향을 차지할 것이라는 예상을 벗어났고 PM10이 호흡기 질환에 11~18% 매개역할을 한다는 것을 보건 데이터, 미세먼지 데이터, 기상 데이터를 가지고 통계적으로 증명하였다.

제 2 절 연구의 함의

서울시는 미세먼지 관리 정책으로 PM10은 2017년도부터 감소하고 있으며 2019년도에 약간 반등하긴 했지만, PM10, PM2.5는 확실히 과거보다 줄어들고 있다. 통계적으로도 2017년 7월 서울시 미세먼지 10대 정책을 기준으로 기상 요소와 월, 년도를 통제변수로 회귀 식을 계산하였을 때 이전과 대비해 약 $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 정도 감소하였다.

그래서 미세먼지 관리 정책으로 미세먼지 관련 질병의 내원일수도 감소하였으리 예상할 수 있고 실제 내원일수 감소에 미세먼지 PM10을 기준으로 간접효과를 미세먼지 관련 대표적인 질병인 호흡기 질환을 대상으로 연구한 결과 내원일수 감소에 미세먼지의 매개 효과는 그리 크지 않았고 오히려 정책의 직접적인 원인이 80% 이상을 차지하였다. 따라서 실제 미세먼지가 줄어서 병원에 내원하는 횟수가 줄어든 것이 아니라, 시민들 스스로 건강관리와 예방에 신경을 썼거나 마스크 쓰기 생활화, 지하철 출근, 기타 환경적인 요소 즉, 의료 기술의 발달로 적절한 치료와 약품의 등장 등으로도 내원일수가 줄어들었을 수도 있었다.

그래서 미세먼지의 매개역할로 보는 보건 의학적인 관점에서는 미세먼지의 감소를 위한 정책은 아직도 갈 길이 멀다는 것을 알 수 있고 미세먼지 농도도 선진국과 비교할 때도 2배 이상이 많다. 또한, 미세먼지 PM10, PM2.5 환경기준 초과율은 매년 증가하고 있다.

현재 미세먼지 정책은 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법이 전국적으로 시행 중에 있다. 하지만 지금보다 좀 더 가감하고 적극적인 대책이 필요해 보이고 또한 미세먼지를 줄이기 위한 노력은 정부의 정책이나 법

도 중요하지만 미세먼지가 가져오는 건강과 경제적인 피해를 인식하여 미세먼지를 줄이기 위해 시민들의 자발적인 참여와 노력이 필요하겠다. 그리고 미세먼지는 한 국가의 노력만 중요한 것이 아니라 인접한 중국, 일본 등 다른 국가와 협력도 필요한 만큼 장기적인 대책을 가지고 꾸준히 노력하는 것이 중요하겠다.

제 3절 연구의 제한점

본 연구의 제한점은 연구의 목적이 미세먼지 관리 정책으로 미세먼지 관련 질병이 감소하는데 미세먼지가 어떤 정도 영향을 미치는지를 미세먼지 관리 정책의 미세먼지의 간접적인 영향을 연구하는 것이므로 미세먼지 관리 정책으로 내원일수가 줄어드는 직접적인 원인은 통계적인 분석방법으로 밝혀내지 못했다. 그것은 자가 건강관리, 마스크 착용 생활화 등 정책으로 발생하는 원인일 수도 있고 여가생활 증가, 워라벨 도입, 의료 기술의 발달 등 사회, 환경적인 요인이 될 수도 있다.

또한, 이 연구에는 분석이 단위가 월을 기준으로 내원일수와 기상 요소, 미세먼지 농도를 계산하여 분석하였다. 월 단위 시차를 적용 시에는 점점 매개 효과가 떨어짐을 알 수 있어 좀 더 작은 단위 일 단위 혹은 주 단위로 평균을 계산하여 분석하고 시차 적용을 작은 단위로 분석하였을 시 매개 효과가 어떻게 나타나는지 살펴보는 것도 좋은 분석방법이 될 수 있다.

그리고 단건으로 분석했지만 미세먼지와 대기오염물질을 모두 포함하여 내원일수 감소에 어느 정도 매개역할을 하는지 분석해 보는 것도 의미가 있겠다. 본 연구에서도 미세먼지, 대기오염물질을 각각 분석하지 않고 매개변수로 모두 고려하여 분석을 시도하였는데 시차 적용 시 통계적

유의성이 없었고 매개 효과를 통계적 유의성을 나타내는 미세먼지, 대기 오염물질만을 가지고 해석할지 아니면 미세먼지와 대기오염물질 전체를 가지고 해야 할지 해석이 까다로워 본 연구에서는 포함하지 않았다.

연구의 범위는 그 지역의 질병 현황을 보기 위해 의원 외래로 대상을 축소하여 의원급 이상은 다루지 못했다. 하지만 호흡기 질환은 거의 의원이 90% 이상을 차지하여 의원급 이상을 포함하여도 분석결과는 쉽게 바뀌리라 생각하지 않는다. 그리고 미세먼지의 대표적인 질환인 호흡기 질환만을 연구하였기 때문에 다른 심혈관 질환, 알레르기 질환, 우울증, 암 등과 질병에서 미세먼지 매개 효과는 어떤지 분석하지 못했다. 물론 호흡기 질환이 가장 많은 매개 효과를 나타내리라고 예상하지만 다른 질환에서 더 많은 매개 효과가 나타날 수도 있다.

마지막으로 미세먼지 관리 정책의 기준 시점을 정하는 데 있어 과학적이고 실질적이며 이론적인 근거가 좀 부족하다. 미세먼지 정책은 이전과 이후에도 관리 정책이 있었고 어느 시기를 딱 정한다는 것이 쉽지는 않다. 하지만 본 논문에서는 미세먼지를 재난으로 인식하고 미세먼지 저감 대책을 시행한 시점을 기준으로 결정하였다.

참 고 문 헌

<신문·잡지 기타>

관계부처 합동(2017), “미세먼지 관리 종합대책”, 2017. 9. 26

나무위키 용어사전(2019), “미세먼지” (2020.4.5. 검색)

<https://namu.wiki/w/%EB%AF%B8%EC%84%B8%EB%A8%BC%EC%A7%80>

네이버 지식백과(2019), “황사와 미세먼지” (2019.10.07. 검색),

<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=5550467&cid=51004&categoryId=51004>

네이버 지식백과(2020), “천식” (2020.06.21. 검색),

<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=926973&cid=51007&categoryId=51007>

동대문구청 공식 블로그(2019), “서울형 미세먼지 비상저감조치, 행동 요령은?”

(2018.4.24 검색) <https://blog.naver.com/ddm4you/221260392932>

데일리한국(2017), “한국 미세먼지 갈수록 ‘심각’... OECD 국가중 하위권”

(2017.02.16. update(2020.05.15. 검색)), <http://daily.hankooki.com/lpage/society/201702/dh20170216105410137820.htm>

미디어허브(2017), “7월부터 미세먼지 심한 날엔 대중교통 ‘무료’”,

(2017.06.01. (2020.05.15. 검색)), <http://mediahub.seoul.go.kr/archives/1086831>

에어코리아(2020), “국외 대기 오염 현황”, (2020.2.20. 검색)

http://www.airkorea.or.kr/web/contents/contentView/?pMENU_NO=127&cntnts_no=4

연합뉴스(2019), “한국 초미세먼지 32%는 중국발...한중일 첫 공동연구”

(2019.11.20. 검색) <https://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LFC&nid=sec&oid=001&aid=0011224415&isYeonhapFlash=Y&rc=N>

수도권대기환경청(2018), “해외의 미세먼지 대표적 정책을 알아보자!”,

(2020.3.4. 검색), <https://blog.naver.com/blueskymam/221331458866>

정책공감(2019), “미세먼지 심한 날, 노후차 운행제한! 학교 휴교!
 <미세먼지 특별법>”, (2019.2.15. (2020.5.20. 검색)),
<https://blog.naver.com/hellopolicy/221466659839>
 중앙일보(2019), “1000곳에 미세먼지 스파이 심었다…하늘색 확 바뀐 베이징”,
 (2019.11.13.검색), <https://news.joins.com/article/23629757>
 청정공간(2019), “국가별 미세먼지 규제, 우리와 어떻게 다를까요”,
 (2019.11.20.검색) [https://m.post.naver.com/viewer/postView.nhn?](https://m.post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=26912516&memberNo=46148903&vType=VERTICAL)
[volumeNo=26912516&memberNo=46148903&vType=VERTICAL](https://m.post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=26912516&memberNo=46148903&vType=VERTICAL)
 환경부·수도권대기 환경청(2013), “2차 수도권 대기환경관리 기본계획”.
 (2019. 9.10 검색) [https://www.me.go.kr/mamo/web/board/read.do?](https://www.me.go.kr/mamo/web/board/read.do?menuId=627&boardMasterId=195&boardId=342037)
[menuId=627&boardMasterId=195&boardId=342037](https://www.me.go.kr/mamo/web/board/read.do?menuId=627&boardMasterId=195&boardId=342037)

<논문>

I. 국내문헌

김경남(2016), “건강보험 청구자료 기반 코호트에서 장기 초미세먼지 노출과
 우울증 발생의 관련성” (Doctoral dissertation, 서울대학교 대
 학원).
 김용표(2006), [초청논문] “서울의 미세먼지에 의한 대기오염”. 「한국대기
 환경학회지」 (국문), 22(5), 535-553.
 명준표(2016), “미세먼지와 건강 장애”. 대한내과학회지, 91(2), 106-113.
 문광주, 채혁기, 전권호, 김대곤, 박현주, & 김정수(2018), “중국 초미세먼지 현황
 및 정책 동향”. 한국대기환경학회지 (국문), 34(3), 373-392
 박경호, 김지현, 윤홍선, 김인화, 최인목, 이제영, & 주미경(2016), “미세
 먼지 농도와 악성 신생물 사망률과의 상관관계”. 대한임상
 건강증진학회지, 16(4), 215-222.
 배상혁, & 홍윤철(2018), “미세먼지의 건강영향”. Journal of the Korean
 Medical Association, 61(12), 749-755.
 서주희, 하은희, 이보은, 박혜숙, 김호, 홍윤철, 이옥희(2006), “서울지역의

- 미세먼지가 호흡기계 질환으로 인한 병원입원에 미치는 영향”. 「한국대기환경학회지」, 22(5), 564-573.
- 신동천(2007), “미세먼지의 건강영향”. 대한의사협회지, 50(2), 175-182.
- 이정엽, 정인성, 이미영, & 김은정(2017), “각막염 및 결막염으로 인한 응급실 방문과 미세먼지 농도 간의 관계”. 대한직업환경의학회 학술대회 논문집, 143-144.
- 이해춘, 안경애, 김태영(2018), “미세먼지로 인한 호흡기 질환 발생의 사회경제적 손실가치 분석: Panel VAR 모형을 중심으로”. 「경영컨설팅연구」, 18(4), 173-186.
- 장안수(2014), “미세먼지가 건강에 미치는 영향”. Journal of the Korean Medical Association, 57(9), 763-768.
- 조일형, 주희진, 권기현(2013), “서울시 대기오염물질이 환경성 질환자 증가에 미치는 영향 분석: 알레르기 비염과 천식을 중심으로”, 「서울도시연구」, 14(2), 97-114.
- 지원준, 박유량, 김혜령, & 최창민(2017), “F-48 보건의료 빅데이터 분석을 통한 미세먼지 노출과 폐렴 발생의 상관 관계에 대한 연구”, 대한결핵및호흡기학회 추계학술발표초록집, 124, 96-96.
- 최민욱(2018), “중국의 최근 대기오염 규제 및 관리 정책에 대한 고찰”. 자원·환경경제연구, 27(3), 569-611.
- 황인창(2018), “서울시 미세먼지 관리 정책의 성과와 한계” 한국정책학회보, 27(2), 27-51.

II. 국외문헌

- Achilleos, S., Kioumourtzoglou, M. A., Wu, C. D., Schwartz, J. D., Koutrakis, P., & Papatheodorou, S. I.(2017), “Acute effects of fine particulate matter constituents on mortality: A systematic review and meta-regression analysis” *Environment international*, 109, 89-100.

- Gu, X., Liu, Q., Deng, F., Wang, X., Lin, H., Guo, X., & Wu, S.(2019), “Association between particulate matter air pollution and risk of depression and suicide: systematic review and meta-analysis”, *The British Journal of Psychiatry*, 1-12.
- Hwang, M. J., Cheong, H. K., & Kim, J. H. (2019). “Ambient Air Pollution and Sudden Infant Death Syndrome in Korea: A Time-Stratified Case-Crossover Study. *International journal of environmental research and public health*”, 16(18), 3273. doi:10.3390/ijerph16183273
- Lamichhane, D. K., Kim, H. C., Choi, C. M., Shin, M. H., Shim, Y. M., Leem, J. H., Ryu, J. S., Nam, H. S., & Park, S. M. (2017). Lung Cancer Risk and Residential Exposure to Air Pollution: A Korean Population-Based Case-Control Study. *Yonsei medical journal*, 58(6), 1111 - 1118. <https://doi.org/10.3349/ymj.2017.58.6.1111>
- Lee, B. J., Kim, B., & Lee, K.(2014), “Air pollution exposure and cardiovascular disease”, *Toxicological research*, 30(2), 71.
- Lu, F., Xu, D., Cheng, Y., Dong, S., Guo, C., Jiang, X., & Zheng, X.(2015), “Systematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM2. 5 and PM10 pollution in the Chinese population”, *Environmental research*, 136, 196-204.
- Michikawa, T., Ueda, K., Takami, A., Sugata, S., Yoshino, A., Nitta, H., & Yamazaki, S.(2018), “Japanese Nationwide Study on the Association between Short-term

- Exposure to Particulate Matter and Mortality”,
Journal of epidemiology, JE20180122.
- Miller, M. R., & Newby, D. E.(2019), “Air pollution and cardiovascular disease: car sick”,
Cardiovascular research.
- Sazonova, A., Kopytenkova, O., & Staseva, E.(2018, June), “Risk of pathologies when exposed to fine dust in the construction industry”, In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 365, No. 3, p. 032039). IOP Publishing.
- Yin, F., Ma, Y., Zhao, X., Lv, Q., Liu, Y., Li, X., & Zhang, T.(2019), “Analysis of the effect of PM10 on hand, foot and mouth disease in a basin terrain city”, *Scientific reports*, 9(1), 3233.
- Zhang, F., Wang, W., Lv, J., Krafft, T., & Xu, J(2011), “ Time-series studies on air pollution and daily outpatient visits for allergic rhinitis in Beijing, China”. *Science of the Total Environment*, 409(13), 2486-2492.

Abstract

Fine dust is seriously affecting the people's economic losses as well as national health. Therefore, we studied how the fine dust management policy affected the diseases caused by fine dust and determined how much the medium effect of fine dust was.

The period of this study is between 2015 and 2019 and this study determined criteria of fine dust management policy as July. 2017. when fine dust define fine dust as disaster and fine dust reduction measures was implemented. The data were based on the number of days of patients who visits at the local clinic as a dependent variable, and the implementation of fine dust control policies was made of independent variables such as fine dust as parameter, weather conditions, years, and months as control variables. The parameter is PM10. The diseases of the dependent variables is respiratory disease such as acute upper respiratory tract infections, other acute respiratory infections and asthma.

Parameters and control variables are monthly average values, and the number of days to visit hospital which is a dependent variable, is monthly sum.

The research model analyzed the self-governing district and month by Panel regression analysis and analyzed the change in the number of days of visiting hospitals by disease as a medium effect of fine dust.

The respiratory disease that is analyzed in this study decreased the number of visiting days of hospital since the implementation of the policy.

According to the analysis, the concentration of PM10 decreased 5.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ after the fine dust management policy, and the number of visiting days decreased due to the 10 major policies of fine dust. PM10 served as an indirect medium of up to 18% for acute phase infection, 12% for other acute level infections, and 11% for asthma.

According to the overall ratio, the reduction in the number of days visiting the country due to the fine dust management policy has more direct effects than the fine dust.

This actually indicates that fine dust does not affect the reduction of the number of visiting days in the fine dust management policy, but rather has more effect on the policy itself.

The reason for this is that the citizens are more thorough in self-health care and prevention than before, such as the dailyization of wearing masks, going out and washing their hands, by denouncing practical policies such as fine dust reduction measures, which are more powerful than before, and considering fine dust as a national disaster. In addition, as the number of respiratory diseases increases due to fine dust, medical prescriptions and medicines have developed accordingly, which may have reduced the number of days to visit the hospital.

The medium effect was highest in the month without applying the time lag. This showed that the effect of respiratory diseases gradually decreased after a month, and considering only the policy dummy variables, the regression coefficient was the highest when the time difference was applied after a month.

Due to the fine dust management policy, fine dust has improved a lot compared to the past, and it has been confirmed that the number of days of visiting hospitals has decreased and fine dust affected

decrease of visiting hospitals indirectly. However, the portion of it was not as much as we expected that fine dust would have a significant impact on fine dust-related diseases due to fine dust policies.

Through this study, we can know that dust management policy should be implemented steadily and more active measures will be needed in Seoul in Korea.

This study is also meaningful that it proved statistically with health data, fine dust data, and weather data that PM10 plays an 11-18% role in respiratory diseases.

[부록]

1. 미세먼지 PM2.5 와 대기오염물질 회귀분석

매개변수	정책더미변수	P value
PM2.5	5.43감소	(0.000)
O ₃	19.73감소	(0.058)
CO	2.12감소	(0.000)

1) 급성상기도 감염 회귀분석(95%이상 신뢰수준)

매개변수	월시차 0		월시차 1		월시차 2		월시차 3	
	정책이전 내원일수 (이후)	매개 효과	정책이전 내원일수 (이후)	매개 효과	정책이전 내원일수 (이후)	매개 효과	정책이전 내원일수 (이후)	매개 효과
PM2.5	3.52(3.82)	7.85						
O ₃	4.16(3.82)	-	7.98(8.29)	3.73	4.03(5.21)	22.64	1.85(2.23)	17.04
CO	3.72(3.82)	2.61						

2) 천식 회귀분석(95%이상 신뢰수준)

매개변수	월시차 0		월시차 1		월시차 2		월시차 3	
	정책이전 내원일수 (이후)	매개 효과	정책이전 내원일수 (이후)	매개 효과	정책이전 내원일수 (이후)	매개 효과	정책이전 내원일수 (이후)	매개 효과
PM2.5	6.51(7.05)	6.24						
O ₃	6.59(7.05)	6.52	10.04(10.61)	5.37	5.82(7.25)	19.72	3.42(4.33)	21.01
CO	7.04(7.05)	0.14						

2. 급성상기도감염 회귀분석 시차 적용 1개월 이상 회귀분석

1) 급성상기도감염 회귀분석 - 시차 1개월, 매개변수 포함

급성상기도감염 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-7.71856***	1.16234	-6.64
PM10	0.10909***	0.03191	3.42
년도	-2.17964***	0.41435	-5.26
온도	-4.6273***	0.30298	-15.27
습도	0.49413***	0.10083	4.90
일조시간	-0.04899***	0.01632	-3.00
풍속	2.20111	1.50575	1.46
강우량	0.01455***	0.00489	2.98

최대풍속	-0.55648	0.34248	-1.62
2월	27.6638***	1.43893	19.23
3월	67.4142***	2.93089	23.00
4월	77.05194***	4.72909	16.29
5월	80.53542***	6.3919	12.60
6월	82.63658***	7.51848	10.99
7월	84.20788***	8.58372	9.81
8월	130.7253***	8.74332	14.95
9월	120.2635***	7.42944	16.19
10월	101.4983***	5.39745	18.80
11월	74.53115***	3.12652	23.84
12월	22.07569***	1.53913	14.34
N	1474		

2) 급성상기도감염 회귀분석 - 시차 1개월, 매개변수 제외

급성상기도감염 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책 후	-8.29583***	1.15439	-7.19
년도	-2.37741***	0.41038	-5.79
온도	-4.41903***	0.29796	-14.83
습도	0.42329***	0.09907	4.27
일조시간	-0.05435***	0.0163	-3.33
풍속	1.38064	1.492	0.93
강우량	0.01497***	0.0049	3.05
최대풍속	-0.52692	0.34214	-1.54
2월	27.64293***	1.44395	19.14
3월	66.81253***	2.93599	22.76
4월	74.09949***	4.66778	15.87
5월	76.51593***	6.3071	12.13
6월	76.33558***	7.3165	10.43
7월	76.65487***	8.32638	9.21
8월	122.8236***	8.46588	14.51
9월	113.0787***	7.15187	15.81
10월	96.27138***	5.19632	18.53
11월	71.8343***	3.03633	23.66
12월	20.82016***	1.49892	13.89
N	1475		

3) 급성상기도감염 회귀분석 - 시차 2개월, 매개변수 포함

급성상기도감염 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-5.09899***	1.25974	-4.05
PM10	0.02438	0.03469	0.70
년도	-3.25188***	0.47225	-6.89
온도	1.48231***	0.32846	4.51
습도	0.06158	0.10976	0.56
일조시간	-0.01991	0.01849	-1.08
풍속	-0.29285	1.68551	-0.17
강우량	0.0115**	0.00536	2.14
최대풍속	-0.75328**	0.37163	-2.03
2월	1.73697	1.56112	1.11
3월	-25.7133***	3.1952	-8.05
4월	-61.26602***	5.14407	-11.91
5월	-81.89973***	6.96932	-11.75
6월	-93.94041***	8.16712	-11.50
7월	-66.7636***	9.31317	-7.17
8월	-56.2977***	9.49174	-5.93
9월	-34.64681***	8.06021	-4.30
10월	-9.84287*	5.859	-1.68
11월	-22.10675***	3.43601	-6.43
12월	-29.6657***	1.67954	-17.66
N	1449		

4) 급성상기도감염 회귀분석 - 시차 2개월, 매개변수 제외

급성상기도감염 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-5.21304***	1.24607	-4.18
년도	-3.30962***	0.46645	-7.10
온도	1.52638***	0.32167	4.75
습도	0.04664	0.10746	0.43
일조시간	-0.02092	0.01841	-1.14
풍속	-0.47021	1.66565	-0.28
강우량	0.01159**	0.00536	2.16
최대풍속	-0.76423**	0.36974	-2.07
2월	1.73102	1.56034	1.11
3월	-25.82895***	3.18767	-8.10
4월	-61.87848***	5.05599	-12.24

5월	-82.74755***	6.84797	-12.08
6월	-95.32233***	7.91381	-12.05
7월	-68.41487***	8.99528	-7.61
8월	-58.00973***	9.151	-6.34
9월	-36.24228***	7.72556	-4.69
10월	-10.98984*	5.61625	-1.96
11월	-22.70578***	3.32809	-6.82
12월	-29.95754***	1.63012	-18.38
N	1450		

5) 급성상기도감염 회귀분석 - 시차 3개월, 매개변수 포함

급성상기도감염 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-3.02292***	1.12791	-2.68
PM10	-0.13971***	0.03117	-4.48
년도	-1.67626***	0.46801	-3.58
온도	3.90735***	0.29355	13.31
습도	0.17676*	0.10354	1.71
일조시간	-0.05173***	0.017	-3.04
풍속	7.45734***	1.71929	4.34
강우량	-0.04818***	0.00478	-10.07
최대풍속	-1.34535***	0.33892	-3.97
2월	-28.16275***	1.40793	-20.00
3월	-76.63775***	2.88258	-26.59
4월	-113.3002***	4.6188	-24.53
5월	-135.8861***	6.2695	-21.67
6월	-122.0884***	7.3382	-16.64
7월	-123.05***	8.35806	-14.72
8월	-115.8072***	8.51591	-13.60
9월	-84.93893***	7.21581	-11.77
10월	-76.74555***	5.22798	-14.68
11월	-70.13851***	3.06892	-22.85
12월	-20.02543***	1.50646	-13.29
N	1424		

6) 급성상기도감염 회귀분석 - 시차 3개월, 매개변수 제외

급성상기도감염 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-2.23669**	1.12335	-1.99
년도	-1.38816***	0.4642	-2.99
온도	3.64426***	0.29003	12.57
습도	0.27822***	0.10182	2.73
일조시간	-0.0438**	0.01704	-2.57
풍속	8.7451***	1.70633	5.13
강우량	-0.04884***	0.00482	-10.14
최대풍속	-1.43042***	0.33995	-4.21
2월	-28.19955***	1.41821	-19.88
3월	-75.95802***	2.90009	-26.19
4월	-109.6143***	4.58343	-23.92
5월	-130.9017***	6.22158	-21.04
6월	-114.2722***	7.18645	-15.90
7월	-113.6499***	8.1579	-13.93
8월	-105.9286***	8.29675	-12.77
9월	-75.94477***	6.98597	-10.87
10월	-70.03679***	5.05028	-13.87
11월	-66.80089***	2.99881	-22.28
12월	-18.40904***	1.47078	-12.52
N	1425		

3. 기타하기도감염 회귀분석 시차 적용 1개월 이상 회귀분석

1) 기타 급성하기도감염 회귀분석 - 시차 1개월, 매개변수 포함

기타급성 하기도감염 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-11.09734***	1.28	-8.67
PM10	0.11976***	0.03514	3.41
년도	4.24784***	0.4563	9.31
온도	-5.847***	0.33365	-17.52
습도	0.77505***	0.11103	6.98
일조시간	-0.03459*	0.01797	-1.92
풍속	-1.98655	1.65818	-1.20
강우량	0.00818	0.00538	1.52

최대풍속	-0.46852	0.37715	-1.24
2월	29.92522***	1.5846	18.89
3월	79.32752***	3.22758	24.58
4월	96.34656***	5.20782	18.50
5월	101.3142***	7.03896	14.39
6월	99.10479***	8.27958	11.97
7월	103.3392***	9.45266	10.93
8월	152.4308***	9.62841	15.83
9월	144.8676***	8.18152	17.71
10월	123.7547***	5.94384	20.82
11월	94.41977***	3.44302	27.42
12월	30.9655***	1.69494	18.27
N	1474		

2) 기타 급성하기도감염 회귀분석 - 시차 1개월, 매개변수 제외

기타급성 하기도감염 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-11.7424***	1.27147	-9.24
년도	4.04085***	0.452	8.94
온도	-5.6165***	0.32818	-17.11
습도	0.69659***	0.10911	6.38
일조시간	-0.04062**	0.01796	-2.26
풍속	-2.89228*	1.64332	-1.76
강우량	0.00864	0.0054	1.60
최대풍속	-0.42276	0.37684	-1.12
2월	29.90337***	1.5904	18.80
3월	78.65313***	3.23376	24.32
4월	93.06995***	5.14121	18.10
5월	96.86425***	6.94678	13.94
6월	92.16835***	8.05856	11.44
7월	95.02028***	9.17087	10.36
8월	143.7162***	9.32452	15.41
9월	136.973***	7.87723	17.39
10월	118.0009***	5.72335	20.62
11월	91.45581***	3.34429	27.35
12월	29.59553***	1.65094	17.93
N	1475		

3) 기타 급성하기도감염 회귀분석 - 시차 2개월, 매개변수 포함

기타급성 하기도감염 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-7.85515***	1.40646	-5.59
PM10	-0.0198	0.03873	-0.51
년도	2.74099***	0.52725	5.20
온도	1.12282***	0.36672	3.06
습도	0.21918*	0.12254	1.79
일조시간	-0.02804	0.02064	-1.36
풍속	-4.72113**	1.88182	-2.51
강우량	0.0071	0.00599	1.19
최대풍속	-0.80575*	0.41491	-1.94
2월	5.63316***	1.74294	3.23
3월	-18.90087***	3.56734	-5.30
4월	-57.25329***	5.74319	-9.97
5월	-83.06342***	7.78103	-10.68
6월	-98.28973***	9.11832	-10.78
7월	-68.83073***	10.39785	-6.62
8월	-50.02639***	10.59723	-4.72
9월	-23.84177***	8.99897	-2.65
10월	5.13665	6.54139	0.79
11월	-12.55132***	3.8362	-3.27
12월	-23.12931***	1.87515	-12.33
N	1449		

4) 기타 급성하기도감염 회귀분석 - 시차 2개월, 매개변수 제외

기타급성 하기도감염 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-7.75078***	1.39101	-5.57
년도	2.77579***	0.52071	5.33
온도	1.08503***	0.35909	3.02
습도	0.2319*	0.11996	1.93
일조시간	-0.02713	0.02055	-1.32
풍속	-4.5768**	1.8594	-2.46
강우량	0.00701	0.00598	1.17
최대풍속	-0.81075*	0.41275	-1.96
2월	5.63775***	1.74184	3.24
3월	-18.78866***	3.55846	-5.28

4월	-56.71439***	5.6441	-10.05
5월	-82.32759***	7.64452	-10.77
6월	-97.14138***	8.83434	-11.00
7월	-67.45683***	10.04161	-6.72
8월	-48.58855***	10.21545	-4.76
9월	-22.53466***	8.6242	-2.61
10월	6.08787	6.26953	0.97
11월	-12.06788***	3.71522	-3.25
12월	-22.9031***	1.81974	-12.59
N	1450		

4. 천식 회귀분석 시차 적용 1개월 이상 회귀분석

1) 천식 회귀분석 - 시차 1개월, 매개변수 포함

천식 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-10.71818***	1.57157	-6.82
PM10	-0.03322	0.04314	-0.77
년도	-6.91863***	0.56023	-12.35
온도	-3.98115***	0.40965	-9.72
습도	0.26918**	0.13632	1.97
일조시간	-0.08293***	0.02207	-3.76
풍속	-0.74485	2.03589	-0.37
강우량	0.000345	0.00661	0.05
최대풍속	-1.43126***	0.46306	-3.09
2월	21.98881***	1.94555	11.30
3월	60.42274***	3.96278	15.25
4월	75.24584***	6.39409	11.77
5월	73.59806***	8.64234	8.52
6월	64.79459***	10.16556	6.37
7월	66.07418***	11.60585	5.69
8월	102.6618***	11.82164	8.68
9월	98.6441***	10.04517	9.82
10월	85.85921***	7.29777	11.77
11월	59.37499***	4.2273	14.05
12월	15.39363***	2.08103	7.40
N	1474		

2) 천식 회귀분석 - 시차 1개월, 매개변수 제외

천식 내원일수	Coef.	Std. Err.	t
정책후	-10.61031***	1.55618	-6.82
년도	-6.79781***	0.55321	-12.29
온도	-4.03341***	0.40166	-10.04
습도	0.28662**	0.13355	2.15
일조시간	-0.08221***	0.02198	-3.74
풍속	-0.52504	2.01129	-0.26
강우량	0.00023	0.00661	0.03
최대풍속	-1.36059***	0.46123	-2.95
2월	22.00151***	1.94652	11.30
3월	60.52278***	3.95787	15.29
4월	75.93269***	6.29242	12.07
5월	74.59796***	8.50231	8.77
6월	66.59802***	9.86303	6.75
7월	68.21063***	11.22441	6.08
8월	104.8272***	11.41246	9.19
9월	100.7883***	9.6411	10.45
10월	87.35708***	7.00492	12.47
11월	60.17598***	4.09314	14.70
12월	15.82593***	2.02062	7.83
N	1475		